

Reseña

Vivimos en un mundo hecho por la ciencia pero ¿desde cuándo es así? Este libro cuenta la historia de la extraordinaria revolución intelectual y cultural que dio a luz a la ciencia moderna, y supuso un gran desafío a la ortodoxia prevaleciente de su propia historia. Antes de 1492 se asumía que todo el conocimiento significativo ya estaba disponible; no existía el concepto de progreso. Este libro sostiene que el descubrimiento de América demostró que nuevos conocimientos eran posibles, y abrió el camino a la invención de que la ciencia se basaba en una nueva comprensión de lo que podría ser el conocimiento. Y con esto se produjo un nuevo lenguaje: descubrimiento, progreso, hechos, experimentos, hipótesis, teorías y leyes de la naturaleza. Casi todos estos términos existían antes de 1492, pero sus significados se transformaron radicalmente, por lo que se convirtieron en herramientas con las cuales pensar científicamente. Todos nosotros ahora hablamos este lenguaje de la ciencia, que fue inventado durante la Revolución Científica. La nueva cultura tuvo sus mártires (Giordano Bruno, Galileo), sus héroes (Kepler, Boyle), sus propagandistas (Voltaire, Diderot) y sus pacientes trabajadores (Gilbert, Hooke). Este libro de David Wootton, convertido ya en una obra de referencia, cambia nuestra comprensión de cómo se produjo esta gran transformación, y de lo que es la ciencia.

Índice

Introducción

1. Mentes modernas
2. La idea de la revolución científica

Parte I. Los cielos y la tierra

3. La invención del descubrimiento
4. Planeta Tierra

Parte II. Ver es creer

5. La matematización del mundo
6. Los mundos de Gulliver

Parte III. La producción de conocimiento

7. Hechos
8. Experimentos
9. Leyes
10. Hipótesis/teorías
11. Evidencia y juicio

Parte IV. Nacimiento de la modernidad

12. Máquinas
13. El desencanto del mundo
14. Saber es poder

Conclusión

15. Desafiando a la naturaleza
16. Estos días posmodernos
17. «¿Qué es lo que sé?»

Algunas notas más extensas

Agradecimientos

[Bibliografía](#)

[Láminas](#)

Para Alison

Hanc ego de cælo ducentem sidera vidi (la he visto bajar las estrellas del cielo)

Tibulo, Elegías, III

¡Eureka!

Arquímedes (287-212 AEC)



Portada del Novum organum (1620) de Francis Bacon, que muestra un barco que navega a través de las Columnas de Hércules (que se identifica con el estrecho de Gibraltar, entre Gibraltar y África del norte, la conexión del Mediterráneo al Atlántico), después de explorar un mundo desconocido. (© The Trustees of the British Museum, Londres).



Arquímedes en su bañera, grabado sobre madera de Peter Flötner (1490-1546), de la primera traducción alemana de Vitruvio (Vitruvius Teusch), publicada por Johannes Petreius en Núremberg en 1548. La corona de Hierón se halla a la derecha, en primer plano. (Museo Nacional, Madrid; foto © Tarker/Bridgeman Images).

Introducción

Esta es la época en la que (pienso yo) la filosofía aparece con una marea primaveral; y para los peripatéticos lo mismo será esperar detener la corriente de la marea, o (con Jerjes) detener el océano, que dificultar la inundación de la filosofía libre. Según creo, veo cómo se ha de tirar toda la basura, y se han de derribar los edificios podridos, que una inundación tan importante arrastrará. Estos son los días que han de establecer un nuevo fundamento de una filosofía más magnífica, que nunca será derrocada; que sondeará de forma empírica y sensible los fenómenos de la naturaleza, que deducirá las causas de las cosas a partir de tales originales en la naturaleza, tal como los observamos y pueden ser producidos por el arte, y la demostración infalible de la mecánica; y, ciertamente, esta es la manera, y no hay otra, de construir una filosofía verdadera y permanente...

Henry Power, Experimental Philosophy (1664)

La ciencia moderna se inventó entre 1572, cuando Tycho Brahe vio una nova, o estrella nueva, y 1704, cuando Newton publicó su *Opticks* («Óptica»), que demostraba que la luz blanca está constituida por luz de todos los colores del arco iris, que se puede dividir en sus colores componentes mediante un prisma, y que el

color es inherente a la luz, no a los objetos¹. Hubo sistemas de conocimiento que denominamos «ciencias» antes de 1572, pero el único que funcionó remotamente como una ciencia moderna, en el sentido de que tenía teorías complejas basadas en un cuerpo de evidencia sustancial y podía hacer predicciones fiables, era la astronomía, y fue la astronomía la que se transformó en los años posteriores a 1572 en la primera ciencia verdadera. ¿Qué hizo que la astronomía en los años posteriores a 1572 fuera una ciencia? Tenía un programa de investigación, una comunidad de expertos, y estaba preparada para cuestionar toda certeza establecida desde hacía tiempo (que no puede haber cambio en los cielos, que todo el movimiento en los cielos es circular, que los cielos están constituidos por esferas cristalinas) a la luz de nueva evidencia. Allí donde la astronomía conducía, otras ciencias nuevas siguieron.

Para establecer esta afirmación es necesario considerar no solo lo que ocurrió entre 1572 y 1704, sino también mirar hacia atrás, al mundo anterior a 1572, y hacia delante, al mundo después de 1704; también es necesario abordar algunos debates metodológicos. Los capítulos 6 a 12, que tratan del período central de 1572 a 1704, constituyen el cuerpo principal de este libro; los capítulos 3, 4 y 5 consideran básicamente el mundo antes de 1572, y los capítulos 13 y 14 tratan del mundo un poco antes y un poco después de 1704.

¹ Harrison, «Reassessing the Butterfield Thesis» (2006), 7, señala que el concepto de la Revolución Científica es incoherente porque no hay manera de saber cuándo empezó y cuándo terminó. No estoy de acuerdo: el concepto sería coherente aunque las fechas fueran inciertas (compárese con la «Revolución Industrial»), pero en realidad es relativamente fácil especificar las fechas.

Los capítulos 2, 15, 16 y 17 tratan de historiografía, metodología y filosofía.

Los dos capítulos de la introducción establecen los cimientos de todo lo que seguirá. El primer capítulo sugiere brevemente de qué va el libro. El segundo explica de dónde procede la idea de la «Revolución Científica», por qué hay quienes piensan que no existió tal cosa, y por qué es una categoría sólida para el análisis histórico.

Capítulo 1

Mentes modernas

Bacon, desde luego, tenía una mente más moderna que Shakespeare: Bacon tenía un sentido de la historia; consideraba que su época, el siglo XVII, era el principio de una era científica, y quería que la veneración de los textos de Aristóteles fuera sustituida por una investigación directa de la naturaleza.

Jorge Luis Borges, «El enigma de Shakespeare» (1964)²

§ 1.

El mundo en el que vivimos es mucho más joven de lo que cabría esperar. En la Tierra¹ ha habido humanos constructores de utensilios desde hace unos dos millones de años. Nuestra especie, *Homo sapiens*, apareció hace 200 000 años, y la cerámica se remonta a hace unos 25 000 años. Pero la transformación más importante de la historia humana antes de la invención de la ciencia, la Revolución Neolítica, tuvo lugar en fecha reciente por comparación, hace entre 12 000 y 7000 años³. Fue entonces cuando se domesticaron animales, cuando se inició la agricultura y los utensilios de piedra empezaron a ser sustituidos por los de metal. Han transcurrido aproximadamente 600 generaciones desde que los seres humanos dejaron de ser, por primera vez, cazadores-

² Borges, *The Total Library* (2001), 465.

³ Barker, *The Agricultural Revolution in Prehistory* (2006).

recolectores. La primera nave de vela se remonta a hace unos 7000 años, y lo mismo puede decirse del origen de la escritura. Aquellos que aceptan la teoría de la evolución de Darwin pueden no tener paciencia con una cronología bíblica que sitúa la creación del mundo hace 6000 años, pero lo que podemos calificar de humanidad histórica (los humanos que han dejado tras ellos registros escritos), en oposición a la humanidad arqueológica (humanos que solo han dejado tras ellos artefactos), ha existido solo durante este período aproximado de tiempo, unas 300 generaciones. Añadamos el término «tátara» frente a «abuelo» trescientas veces: ocupará solo alrededor de media página impresa. Esta es la verdadera extensión de la historia humana; antes de eso hubo dos millones de años de prehistoria.

Gertrude Stein (1874-1946) dijo de Oakland, California, que allí «no había allí»: todo era nuevo, un lugar sin historia⁴. Prefería París. Se equivocaba con Oakland: allí han vivido seres humanos durante unos 20 000 años. Pero también estaba en lo cierto: la vida allí era tan fácil que no había necesidad de desarrollar agricultura, por no hablar ya de la escritura. Las plantas domésticas, los caballos, los utensilios de metal (incluidas las armas) y la escritura solo llegaron allí con los españoles, después de 1535. (California es excepcional; en otras partes de las Américas, la domesticación del maíz se remonta a 10 000 años, tan lejos como cualquier otra planta en el resto del mundo, y la escritura se remonta a 3000 años).

⁴ Stein, *Everybody's Autobiography* (1937), 289.

De modo que el mundo en el que vivimos es casi nuevecito: más antiguo en algunos lugares que en otros pero, en comparación con los 2 millones de años de historia de elaboración de utensilios, acabado de salir del envoltorio. Después de la Revolución Neolítica, la tasa de cambio se hizo muy lenta, casi a paso de tortuga. Durante los siguientes 6500 años hubo notables avances tecnológicos (el invento de la noria y del molino de viento, por ejemplo), pero hasta hace 400 años el cambio tecnológico fue lento, y a menudo se invertía. Los romanos se sorprendían por los relatos de lo que Arquímedes (287-212 ACE)ⁱⁱ había podido hacer; y los arquitectos italianos del siglo XV exploraron los edificios en ruinas de la antigua Roma, convencidos de que estudiaban una civilización mucho más avanzada que la suya. Nadie imaginaba un día en el que la historia de la humanidad pudiera concebirse como una historia de progreso, pero apenas tres siglos después, en pleno siglo XVIII, el progreso había llegado a parecer tan inevitable que se leía en retrospectiva en toda la historia previa⁵. Algo extraordinario había ocurrido en el ínterin. ¿Qué fue exactamente lo que permitió a la ciencia de los siglos XVII y XVIII progresar de una manera que no habían conseguido los sistemas de conocimiento previos? ¿Qué es lo que tenemos ahora que los romanos y sus admiradores del Renacimiento no teníanⁱⁱⁱ?

⁵ *A Philosophical Review of the Successive Advances of the Human Mind*, de Turgot, se escribió en 1750 pero no se publicó hasta el siglo XIX (Turgot, *Turgot on Progress*; 1973); Condorcet, *Outlines of an Historical View of the Progress of the Human Mind* (1795); edición original francesa del mismo año; Bury, *The Idea of Progress* (1920).

Cuando William Shakespeare (1564-1616) escribió *Julio César* (1599) cometió el pequeño error de referirse al repiqueteo de un reloj: no había relojes mecánicos en la Roma antigua⁶. En *Coriolano* (1608) hay una referencia a los puntos cardinales o de la brújula... pero los romanos no tenían la brújula náutica⁷. Estos errores reflejan el hecho de que cuando Shakespeare y sus contemporáneos leían a los autores romanos encontraban constantes recordatorios de que los romanos eran paganos, no cristianos, pero pocos recordatorios de que hubiera ninguna brecha tecnológica entre Roma y el Renacimiento. Los romanos no tenían imprenta, pero tenían muchos libros, y esclavos para copiarlos. No tenían pólvora, pero tenían artillería en la forma de la balista. No tenían relojes mecánicos, pero tenían relojes de sol y relojes de agua. No tenían grandes buques de vela que pudieran navegar gracias al viento, pero en la época de Shakespeare la guerra en el Mediterráneo todavía se realizaba mediante galeras (barcos de remos). Y, desde luego, en muchos aspectos prácticos los romanos estaban mucho más avanzados que los isabelinos: mejores carreteras, calefacción central, baños apropiados. Shakespeare, de manera perfectamente sensata, imaginaba la antigua Roma igual que el Londres contemporáneo pero con luz solar y togas⁸. Ni él ni sus contemporáneos tenían razones para creer en el progreso. «Para Shakespeare —dice Jorge Luis Borges (1899-1986)—, todos los

⁶ II.1.813-815.

⁷ II.3.1440.

⁸ MacGregor, *Shakespeare's Restless World* (2012), cap. 18: «London becomes Rome».

personajes, ya fueran daneses como Hamlet, escoceses como Macbeth, griegos, romanos o italianos, todos los personajes en todas sus obras son tratados como si fueran sus contemporáneos. Shakespeare notaba la variedad de hombres, pero no la variedad de épocas históricas. Para él, la historia no existía»⁹. La idea que Borges tenía de la historia es moderna; Shakespeare sabía mucha historia, pero (a diferencia de su contemporáneo Francis Bacon, que había entendido lo que una Revolución Científica puede conseguir) no tenía idea del cambio histórico irreversible.

Podríamos pensar que la pólvora, la imprenta y el descubrimiento de América en 1492 tendrían que haber obligado al Renacimiento a adquirir un sentido del pasado como algo perdido y desaparecido para siempre, pero las personas cultas se dieron cuenta solo de manera lenta de las consecuencias irreversibles que surgían de estas innovaciones cruciales. Solo retrospectivamente llegaron a simbolizar una nueva era; y fue la misma Revolución Científica la principal responsable de la convicción de la Ilustración de que el progreso se había hecho imparable. A mediados del siglo XVIII, el sentido del tiempo de Shakespeare había sido sustituido por el nuestro. Este libro se detiene allí, no porque fuera allí donde la Revolución terminó, sino porque para entonces ya era evidente que se había iniciado un proceso imparable de transformación. El triunfo del newtonianismo señala el final del principio.

⁹ Borges, *The Total Library* (2001), 472 («The Enigma of Shakespeare», 1964).

§ 2.

Con el fin de comprender la escala de esta Revolución, consideremos por un momento un europeo bien educado típico en 1600; consideraremos a un inglés, pero no supondría una diferencia significativa si se tratara de una persona de cualquier otro país europeo, pues, en 1600, todos comparten la misma cultura intelectual. El tal inglés cree en la brujería y quizá ha leído la *Dæmonologie* («Demonología», 1597), de Jacobo VI de Escocia, el futuro Jacobo I de Inglaterra, que ofrece un panorama alarmante y crédulo de la amenaza que plantean los agentes del diablo^{iv}. Cree que las brujas pueden evocar tempestades que hundan barcos en el mar (Jacobo casi perdió su vida en una de estas tempestades). Cree en hombres lobo, aunque resulta que en Inglaterra no hay ninguno: sabe que se encuentran en Bélgica (Jean Bodin, el gran filósofo francés del siglo XVI, era la autoridad aceptada en estas cuestiones). Cree que Circe convirtió realmente a la tripulación de Odiseo en cerdos. Cree que los ratones son generados espontáneamente en montones de paja. Cree en magos contemporáneos: ha oído hablar de John Dee, y quizá de Agripa de Nettesheim (1486-1535), de cuyo perro negro, *Monsieur*, se pensaba que era un demonio disfrazado. Si vive en Londres puede conocer a personas que han consultado al médico y astrólogo Simon Forman, que emplea magia para

ayudarles a recuperar bienes robados¹⁰. Ha visto un cuerno de unicornio, pero no un unicornio.

Cree que el cuerpo de un asesinado sangrará en presencia del asesino. Cree que hay un ungüento que, si se frota sobre una daga que ha causado una herida, curará la herida. Cree que la forma, color y textura de una planta pueden ser una pista de cómo funcionará como medicina, porque Dios diseñó la naturaleza para que fuera interpretada por el hombre. Cree que es posible transformar el vil metal en oro, aunque duda que nadie sepa cómo hacerlo. Cree que la naturaleza detesta el vacío. Cree que el arco iris es una señal de Dios y que los cometas presagian el mal. Cree que los sueños predicen el futuro, si sabemos cómo interpretarlos. Cree, desde luego, que la tierra permanece inmóvil y que el sol y las estrellas giran alrededor de la tierra una vez cada veinticuatro horas; ha oído hablar de Copérnico, pero no imagina que este pretenda que su modelo del cosmos centrado en el sol sea tomado al pie de la letra. Cree en la astrología, pero como no sabe el momento exacto de su propio nacimiento piensa que ni siquiera el astrólogo más experto sería capaz de decirle poco más que lo que él mismo no pueda encontrar en los libros. Cree que Aristóteles (siglo IV AEC) es el mayor filósofo que haya existido nunca, y que Plinio (siglo I EC), Galeno y Ptolomeo (ambos del siglo II EC) son las mejores autoridades en historia natural, medicina y astronomía. Sabe que en el país hay misioneros jesuitas de los que se dice que realizan

¹⁰ Kassell, *Medicine and Magic in Elizabethan England* (2005).

milagros, pero sospecha que son farsantes. Posee un par de docenas de libros.

En cosa de pocos años el cambio se hizo patente. En 1611 John Donne, refiriéndose a los descubrimientos que Galileo hizo el año anterior con su telescopio, declaraba que «la nueva filosofía nos plantea dudas a todos». «Nueva filosofía» era un lema de William Gilbert, que había publicado en 1600 la primera gran obra de ciencia experimental en los últimos seiscientos años^{vi}; para Donne, la «nueva filosofía» era la nueva ciencia de Gilbert y Galileo¹¹. Sus líneas reúnen muchos de los elementos clave que constituían la nueva ciencia de la época: la búsqueda de nuevos mundos en el firmamento, la destrucción de la distinción aristotélica entre los cielos y la tierra, el atomismo de Lucrecio:

*Y la nueva filosofía todo lo pone en duda,
el elemento del fuego se descarta del todo;
el sol se pierde, y la tierra, y no hay ingenio humano
que lo pueda dirigir bien, adónde buscarlos.
y libremente los hombres confiesan,
que este mundo se ha agotado,
cuando en los planetas, y el firmamento
buscan tantas cosas nuevas; ven que este
se desmorona de nuevo en sus átomos.
todo está en pedazos, toda coherencia desaparece;
todo es solo provisión, y todo relación:*

¹¹ Donne, *The Epithalamions, Anniversaries and Epicedes* (1978).

*príncipe, súbdito, padre, hijo, son cosas olvidadas,
porque cada hombre piensa solo que ha tenido
que ser un fénix, y que entonces no puede ser
nada de esta clase, de la que él es, sino él^{vii}.*

Donne continuaba mencionando los viajes de descubrimiento y el nuevo comercio que se seguía de ellos, la brújula que hacía posible tales viajes e, inseparable de la brújula, el magnetismo, que era el tema de los experimentos de Gilbert.

¿Cómo supo Donne acerca de la nueva filosofía? ¿Cómo sabía que implicaba el atomismo de Lucrecio^{viii}? Galileo no había mencionado nunca el atomismo en textos impresos, aunque algunos que lo conocían afirmaban que, en privado, dejaba claro su compromiso con este; Gilbert había discutido el atomismo solo para rechazarlo. ¿Cómo sabía Donne que los nuevos filósofos buscaban nuevos mundos, no solo pensando en los planetas como mundos sino también buscando mundos en otras partes del firmamento?

Con toda probabilidad, Donne se había encontrado con Galileo en Venecia o Padua en 1605 o 1606^{ix}. En Venecia se había alojado con el embajador inglés, sir Henry Wotton, que estaba ocupado intentando obtener la liberación de un escocés, amigo de Galileo, que había sido encarcelado por tener relaciones sexuales con una monja (un crimen que se suponía que acarrearía la pena de muerte). Quizá Donne conoció a Galileo y habló con él, o con los estudiantes

de Galileo que hablaban inglés; parece seguro que conoció a Paolo Sarpi, el amigo íntimo de Galileo¹². En Inglaterra, pudo haber conocido a Thomas Harriot, un gran matemático que evidentemente se sentía atraído por el atomismo^x, y también a Gilbert¹³. Además de, o en lugar de *Sidereus nuncius (Mensajero sideral)*, de Galileo, pudo haber leído *Conversation with Galileo's Starry Messenger* («Conversación con el mensajero sideral», 1610), de Kepler, que contenía muchas ideas radicales acerca de otros mundos que Galileo, prudentemente, había evitado discutir.

Hay otra respuesta. Donne poseía un ejemplar de la *Epicurean^{xi} Philosophy* («Filosofía epicúrea», 1601¹⁴), de Nicholas Hill. Dicho ejemplar (ahora en la biblioteca del Middle Temple, una de las Inns of Court^{xii} de Londres) había pertenecido a su amigo, y amigo de Shakespeare, Ben Jonson. Originalmente lo había comprado un miembro del Christ's College, de Cambridge: su encuadernación lleva la insignia de esta universidad¹⁵. Su primer propietario había planeado estudiarlo con detenimiento, quizá para escribir una refutación o un comentario, porque estaba encuadernado con páginas en blanco alternas en las que se podían escribir notas. Las páginas seguían en blanco. ¿Se lo regalaron a Jonson, o lo pidió prestado y lo conservó? ¿Se lo regalaron a Donne a su vez, o lo pidió

¹² Wootton, *Galileo* (2010), 5-6.

¹³ Jacquot, «Thomas Harriot's Reputation for Impiety» (1952).

¹⁴ Hill, *Philosophia epicuraea* (2007).

¹⁵ Brown, «*Hac ex consilio meo via progredieris*» (2008), 836-838. No creo que proceda originalmente de la biblioteca de la facultad, porque los libros de las bibliotecas no están interfoliados con páginas en blanco.

prestado y no lo devolvió? No lo sabemos. Solo sabemos que nadie se tomó a Hill en serio. Su libro, se decía, «estaba lleno de palabras grandilocuentes y poca materia». Era «gracioso [es decir, extravagante] y oscuro»¹⁶. Las primeras referencias a Hill (por ejemplo, en un verso satírico de Jonson) tienen más que ver con tirarse pedos que con la filosofía¹⁷. En algún momento antes de 1610, Donne compuso un catálogo de la biblioteca de un cortesano; esta era una broma extendida, que consistía en listar libros imaginarios y ridículos, como un erudito tomo de Girolamo Cardano, *On the Nothingness of a Fart* («Sobre la nada de un pedo»^{xiii}). La primera inscripción es un libro de Nicholas Hill sobre el sexo de los átomos: ¿cómo se distinguen los machos de las hembras? ¿Hay átomos hermafroditas^{xiv}?

Donne habría sabido por Hill de la posibilidad de vida en otros planetas, y de planetas que orbitaban otras estrellas; también habría sabido que estas extrañas ideas procedían de Giordano Bruno¹⁸. Si leyó el *Sidereus nuncius* de Galileo, con su narración de que la luna tiene montañas y valles, Donne habría respondido exactamente como hiciera el gran astrónomo alemán Johannes Kepler aquella primavera cuando leyó uno de los primeros ejemplares que llegó a Alemania: vio una notable vindicación de la perversa teoría de Bruno de que pudiera haber vida en otras partes

¹⁶ Trevor-Roper, «Nicholas Hill, the English Atomist» (1987), 11 (citando a Robert Hues), 13 (citando a Thomas Henshaw).

¹⁷ Trevor-Roper, «Nicholas Hill, the English Atomist» (1987), 3-4.

¹⁸ Trevor-Roper, «Nicholas Hill, the English Atomist» (1987), 28-34.

del universo. Si Donne leyó la *Conversation* de Kepler habría encontrado con todo lujo de detalles la conexión con Bruno¹⁹. Los chistes sobre pedos eran ahora irrelevantes. El reconocimiento que podía deducirse llegaba demasiado tarde para Bruno, que había sido quemado vivo por la Inquisición romana en 1600; probablemente también era demasiado tarde para Hill, quien, según un informe posterior, se suicidó en 1610, al comer veneno para ratas, y que murió blasfemando y maldiciendo. Se hallaba exiliado en Róterdam: había sido descubierto organizando un plan de traición para impedir que Jacobo VI de Escocia sucediera a Isabel I en el trono de Inglaterra en 1603, y había huido al extranjero²⁰. Después, la muerte de su hijo, Lawrence, a quien estaba muy unido, hizo que seguir viviendo le pareciera inútil. En 1601 había escogido dedicar su única publicación no a algún gran hombre (había una cierta escasez de grandes hombres que lo apreciaran), sino a su hijo, todavía un niño: «A mi edad, le debo algo serio, puesto que él, a su tierna edad, me ha deleitado con mil lindos trucos». Hill quizá no vivió para saberlo, pero de repente en 1610 la filosofía epicúrea se había convertido en «algo serio». Se iniciaba una revolución, y Donne, que solo unos años antes se había burlado de las nuevas ideas, que había leído a Gilbert, Galileo y Hill y que quizá conocía a Harriot, fue uno de los primeros en comprender que el mundo no volvería a ser nunca como antes. De modo que en 1611

¹⁹ Kepler, *Kepler's Conversation with Galileo's Sidereal Messenger* (1965), 34-36, 38-39.

²⁰ Trevor-Roper, «Nicholas Hill, the English Atomist» (1987), 11.

la revolución ya estaba en marcha, y Donne, a diferencia de Shakespeare y de la mayoría de contemporáneos cultos, era plenamente consciente de ello.

Pero ahora demos un gran salto adelante. Tomemos un inglés culto de un siglo y cuarto después, en 1733, el año de la publicación de las *Letters Concerning the English Nation* («Cartas referidas a la nación inglesa»), de Voltaire (mejor conocidas por el título que tenían un año después, cuando aparecieron en francés: *Lettres philosophiques [Cartas filosóficas]*), el libro que anunció a un público europeo algunos de los logros de la nueva ciencia, que entonces era peculiarmente inglesa. El mensaje del libro de Voltaire era que Inglaterra poseía una cultura científica distintiva: lo que era cierto de un inglés culto en 1733 no lo sería para un francés, un italiano, un alemán o incluso un holandés. Nuestro inglés ha mirado a través de un telescopio y un microscopio; posee un reloj de péndulo y un barómetro de palo (y sabe que hay un vacío al final del tubo). No sabe de nadie (o al menos de nadie que sea culto y razonablemente refinado) que crea en brujas, hombres lobo, magia, alquimia o astrología; piensa que la *Odisea* es ficción, no hechos. Está seguro de que el unicornio es una bestia mítica. No cree que la forma o el color de una planta tenga ninguna importancia para comprender su utilidad médica. Cree que no hay organismo de tamaño lo bastante grande para poderlo ver a simple vista que se genere espontáneamente, ni siquiera una mosca. No cree en el ungüento del arma ni que los cadáveres de asesinados sangren en presencia del asesino.

Como todas las personas cultas en los países protestantes, cree que la Tierra gira alrededor del sol. Sabe que el arco iris es producido por luz refractada y que los cometas no tienen ningún significado para nuestra vida en la tierra. Cree que no es posible predecir el futuro. Sabe que el corazón es una bomba. Ha visto funcionar un motor de vapor. Cree que la ciencia transformará el mundo y que los modernos han aventajado a los antiguos en todos los aspectos posibles. Tiene dificultades en creer en ningún tipo de milagros, ni siquiera en los de la Biblia. Piensa que Locke es el más grande de los filósofos que haya existido nunca y que Newton es el más grande de los científicos. (Lo animan a pensar así las *Letters Concerning the English Nation*). Posee un par de cientos (quizá incluso un par de miles) de libros.

Tomemos, por ejemplo, la extensa biblioteca (un catálogo moderno ocupa cuatro volúmenes) de Jonathan Swift, el autor de *Los viajes de Gulliver* (1726). Contenía todas las obras evidentes de alta literatura e historia, pero también Newton, las *Philosophical Transactions* de la Royal Society for the Advancement of Natural Knowledge («Sociedad Real para el Avance del Saber Natural») (la segunda revista científica, el *Journal des sçavans*, empezó a publicarse dos meses antes), y *Entretiens sur la pluralité des mondes* («Conversaciones sobre la pluralidad de los mundos») (1686), de Fontenelle. De hecho, Swift, a pesar de todo su antagonismo hacia la ciencia contemporánea (a lo que volveremos en el capítulo 14), estaba lo bastante familiarizado con las tres leyes de Kepler del movimiento planetario para usarlas para calcular las órbitas de

lunas imaginarias alrededor del planeta Marte; su hostilidad se basaba en una extensa lectura de obras científicas^{xv} 21. Su mundo era uno en el que la cultura de la élite se distinguía de manera mucho más nítida de la cultura de las masas de lo que había ocurrido en el pasado, pero también en el que la ciencia no era todavía demasiado especializada para formar parte de la cultura de toda persona educada. Incluso en 1801 escucharemos que Coleridge está determinado a que «antes de cumplir los treinta años entenderé absolutamente todas las obras de Newton»²².

Entre 1600 y 1733 (aproximadamente; el proceso estaba más avanzado en Inglaterra que en otras partes) el mundo intelectual de la élite educada cambió más rápidamente que en ningún otro momento de la historia previa, y quizá que en ningún otro momento antes del siglo XX. La magia fue sustituida por la ciencia, el mito por los hechos, la filosofía y la ciencia de la antigua Grecia por algo que todavía es reconocible como nuestra filosofía y nuestra ciencia, con el resultado que mi relato de una persona imaginaria en 1600 se formula automáticamente en términos de «creencia», mientras que en el de una tal persona en 1733 hablo en términos de «conocimiento». Desde luego, la transición todavía era incompleta. La química apenas existía. Para curar las enfermedades se utilizaban sangrías, purgas y eméticos. Todavía se creía que las golondrinas hibernaban en el fondo de estanques^{xvi}. Pero los

²¹ Lynall, *Swift and Science* (2012).

²² Carta a Thomas Poole, 23 de marzo de 1801.

cambios en los cien años siguientes iban a ser mucho menos notables que los cambios de los cien años anteriores. El único nombre que tenemos para esta gran transformación es el de «Revolución Científica».

§ 3.

En el atardecer del 11 de noviembre de 1572, poco después de la puesta de sol, un joven noble danés llamado Tycho Brahe observaba el cielo nocturno. Casi directamente sobre su cabeza advirtió una estrella más brillante que cualquier otra, una estrella que no tendría que haber estado allí. Temiendo que sus ojos le jugaran alguna mala pasada, enseñó la estrella a otras personas y estableció que ellas también podían verla. Pero un tal objeto no podía existir: Brahe conocía bien los cielos, y un principio fundamental de la filosofía aristotélica era que no podía haber cambio en ellos. De modo que si se trataba de un nuevo objeto tenía que estar situado no en los cielos, sino en la alta atmósfera: no podía ser una estrella en absoluto. Si *era* una estrella, tenía que ser un milagro, una especie de señal divina misteriosa cuyo significado necesitaba ser descifrado urgentemente. (Brahe era protestante, y los protestantes sostenían que hacía tiempo que los milagros habían terminado, de modo que era improbable que esta argumentación lo persuadiera). En toda la historia, hasta donde Brahe sabía, solo una persona, Hiparco de Nicea (190-120 AEC), había afirmado haber visto una nueva estrella; al menos, Plinio (23-79 EC) había atribuido esta afirmación a Hiparco, pero era conocido que Plinio era poco fiable,

de modo que era fácil suponer que o bien Hiparco, o bien Plinio habían cometido algún tipo de error elemental^{xvii}. Ahora Brahe se dispuso a probar que lo imposible había ocurrido realmente, al demostrar, mediante el uso de trigonometría elemental, que la nueva estrella no podía hallarse en la alta atmósfera, sino que tenía que estar en los cielos^{xviii}. Pronto se volvió más brillante que Venus, y era visible brevemente incluso de día, y después se fue desvaneciendo a lo largo de dieciséis meses. Dejó atrás una serie de libros en los que Brahe y sus colegas debatían su situación y significado²³. También quedó atrás un programa de investigación: las afirmaciones de Brahe habían captado la atención del rey de Dinamarca, que concedió a Brahe una isla, Ven, y lo que posteriormente Brahe describió como una tonelada de oro para financiar la construcción de un observatorio de investigación astronómica. Como resultado de su observación de la nueva estrella, Brahe estaba convencido de que, si había que entender la estructura del universo, tenían que hacerse mediciones mucho más precisas²⁴. Diseñó nuevos instrumentos, capaces de una precisión exquisita. Cuando advirtió que su observatorio temblaba ligeramente con el viento, lo que convertía en imperfectos sus instrumentos, los trasladó a búnkeres subterráneos. Durante los

²³ Gingerich, «Tycho Brahe and the Nova of 1572» (2005); McGrew, Alspector-Kelly y otros, *The Philosophy of Science* (2009), 120-122. Para la idea de que es Brahe, y no Copérnico, quien señala el inicio de la revolución en astronomía, Donahue, *The Dissolution of the Celestial Spheres* (1981); Lerner, *Le Monde des sphères* (1997); Grant, *Planets, Stars and Orbs* (1994); Randles, *The Unmaking of the Medieval Christian Cosmos* (1999).

²⁴ Wesley, «The Accuracy of Tycho Brahe's Instruments» (1978).

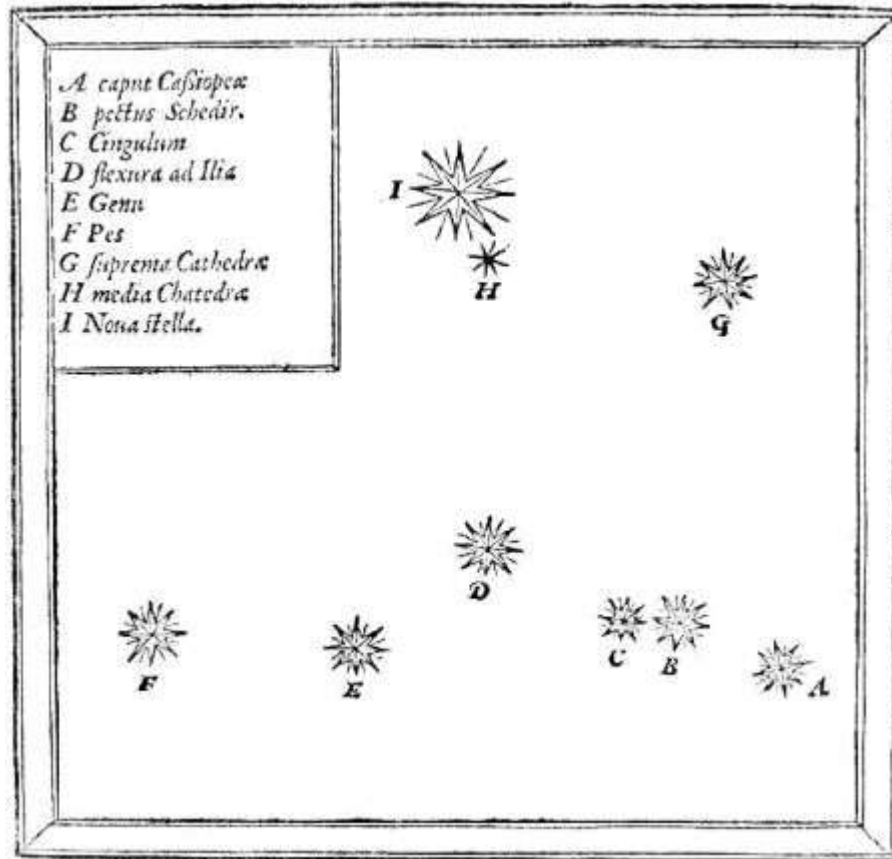
quince años siguientes (1576-1591), las investigaciones de Brahe en Ven convirtieron la astronomía en la primera ciencia moderna²⁵. La nova de 1572 no fue la causa de la Revolución Científica, como tampoco la bala que mató al archiduque Francisco Fernando el 28 de junio de 1914 no fue la causa de la primera guerra mundial. No obstante, la nova señala, de manera muy precisa, el inicio de la Revolución, como la muerte del archiduque marca el inicio de la guerra. Porque la filosofía aristotélica de la naturaleza no podía adaptarse para incorporar esta anomalía peculiar; si podía existir una cosa como una estrella nueva, entonces todo el sistema se basaba en premisas falsas.

Brahe no tenía ni idea de lo que iniciaba mientras se ocupaba de la nueva estrella, que ahora lleva su nombre (la «nova de Tycho») y que todavía puede localizarse en la constelación de Casiopea, aunque solo con un radiotelescopio. Pero desde 1572 el mundo ha quedado atrapado en una enorme Revolución Científica que ha transformado la naturaleza del saber y las capacidades de la humanidad. Sin ella no hubiera habido Revolución Industrial ni ninguna de las tecnologías modernas de las que dependemos; la vida humana hubiera sido drásticamente más pobre y más corta y la mayoría de nosotros viviríamos una vida de incesantes esfuerzos.

Cuánto durará y cuáles serán sus consecuencias, es demasiado temprano para decirlo; puede terminar con una guerra nuclear, o

²⁵ Thoren, *Lord of Uraniborg* (2007); Christianson, *On Tycho's Island* (2000); Mosley, *Bearing the Heavens* (2007).

con una catástrofe ecológica, o (aunque esto parece mucho menos probable) con felicidad, paz y prosperidad.



Mapa estelar de la constelación de Casiopea, que muestra la posición de la supernova de 1572 (la estrella superior, indicada con I); en De nova stella (1573), de Tycho Brahe. (Universal Images/Getty Images).

Pero aunque ahora podemos ver que es el mayor de los acontecimientos de la historia humana desde la Revolución Neolítica, no hay un acuerdo general sobre lo que es la Revolución Científica, por qué ocurrió... o incluso si alguna vez se produjo tal cosa. En este sentido, la Revolución Científica es totalmente distinta

de, por ejemplo, la primera guerra mundial, acerca de la cual hay un acuerdo general sobre lo que fue y bastante coincidencia en por qué ocurrió. Una revolución en marcha es un fastidio para los historiadores: prefieren escribir acerca de revoluciones que ocurrieron en el pasado (cuando, en realidad, esta todavía continúa a nuestro alrededor). Tal como veremos, gran parte de la discrepancia sobre esta cuestión es el resultado de confusiones y malentendidos elementales; una vez que se hayan eliminado del camino, resultará aparente que realmente existe esa cosa llamada Revolución Científica.

Capítulo 2

La idea de la revolución científica

Con todas sus imperfecciones, la ciencia moderna es una técnica que está lo bastante bien afinada a la naturaleza de modo que funciona: es una práctica que nos permite aprender cosas fiables acerca del mundo. En este sentido es una técnica que estaba esperando a que la gente la descubriera.

Steven Weinberg, To Explain the World (2015)²⁶

§ 1.

Cuando Herbert Butterfield impartió una lección sobre la Revolución Científica en la Universidad de Cambridge en 1948, era el segundo año en el que un historiador de la universidad había dado una serie de lecciones sobre la historia de la ciencia: el año anterior lo había precedido G. N. Clark, profesor regio de Historia, un experto en todo lo referente al siglo XVII, y el historiador medieval M. M. Postan había impartido las suyas inmediatamente antes que Butterfield. Fue en Cambridge donde Isaac Newton (1643-1727) había escrito sus *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, o *Mathematical Principles of Natural Philosophy (Principios matemáticos de filosofía natural)* (1687), y allí donde Ernest Rutherford (1871-1937) había escindido por primera vez el núcleo atómico, en 1932. Allí, los historiadores estaban de acuerdo, se

²⁶ Weinberg, *To Explain the World: The Discovery of Modern Science* (2015), xi.

hallaban bajo una obligación particular para estudiar la historia de la ciencia. También insistían en que la historia de la ciencia la hicieran los historiadores, no los científicos^{xix} 27.

Los historiadores y los científicos de Cambridge compartían una educación común: el latín era un requisito obligatorio para la admisión. Coincidían a la hora del almuerzo y de la cena en sus facultades, pero vivían en mundos mentales separados. Butterfield empezaba el libro basado en sus lecciones, *The Origins of Modern Science* (1949), expresando la esperanza de que la historia de la ciencia pudiera servir del tan necesario puente entre las artes y las ciencias. Esperaba en vano. En 1959 (el año en que se eliminó definitivamente el latín como requisito de admisión), C. P. Snow, un químico de Cambridge y novelista de éxito, impartió una conferencia en la que se lamentaba de que los catedráticos de Cambridge en ciencias y en artes habían dejado prácticamente de hablarse unos a otros^{xx}. Su título era «Las dos culturas y la Revolución Científica» (la revolución era la revolución de Rutherford, que había conducido a la creación de la bomba atómica²⁸).

Al adoptar el término «la Revolución Científica» una década antes que Snow, Butterfield seguía (siempre se ha dicho) el ejemplo de Alexandre Koyré (1892-1964²⁹). Koyré (un judío ruso educado en

²⁷ Mayer, «Setting Up a Discipline» (2000); el primer encargo a un historiador para estudiar y enseñar la historia de la ciencia llegó más tarde, en 1948. Butterfield, *The Origins of Modern Science* (1950); y Bentley, *The Life and Thought of Herbert Butterfield* (2011), 177-203.

²⁸ Snow, *The Two Cultures* (1959). Véase también Leavis, *Two Cultures?* (2013).

²⁹ Cohen, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry* (1994), 21, 97-121; y, por ejemplo, Porter, «The Scientific Revolution and Universities» (1996), 535.

alemán, que había sido encarcelado en la Rusia zarista a los quince años de edad por actividades revolucionarias, había luchado por Francia en la primera guerra mundial, se había unido a las fuerzas de la Francia Libre en la segunda, y se convertiría posteriormente en una figura importante en la historia de la ciencia en América), que publicaba en francés en 1935, distinguía la Revolución Científica del siglo XVII, que iba de Galileo a Newton, de «la revolución de los últimos diez años»; el artículo clásico de Heisenberg sobre mecánica cuántica se había publicado exactamente diez años antes^{xxi}. Para Koyré y Butterfield era la física, la física primero de Newton y después de Albert Einstein (1879-1955), la que simbolizaba la ciencia moderna. Ahora podríamos conferir igual prominencia a la biología, pero ellos escribían antes del descubrimiento de la estructura del ADN por James Watson y Francis Crick en 1953. Cuando Butterfield impartió sus lecciones, la revolución médica representada por el primer fármaco maravilloso moderno, la penicilina, apenas se estaba poniendo en marcha, e incluso en 1959 C. P. Snow pensaba todavía que la nueva ciencia importante era la que hacían los físicos, no los biólogos.

De modo que al principio no había una Revolución Científica, sino dos, una ejemplificada por la física clásica de Newton, la otra por la física nuclear de Rutherford. Muy lentamente, la primera ganó a la segunda en la reclamación del artículo definido³⁰. La idea de que existe algo como «la Revolución Científica» y que tuvo lugar en el

³⁰ Además de Snow, *The Two Cultures* (1959); y Ashby, *Technology and the Academics* (1958).

siglo XVII es, pues, relativamente reciente. En lo que respecta a los historiadores de la ciencia, fue Butterfield quien popularizó el término, que aparece una y otra vez en *The Origins of Modern Science*; pero la primera vez que la presenta, Butterfield se refiere a ella, torpemente, como «la llamada “Revolución Científica”, asociada popularmente con los siglos XVI y XVII». «La llamada» es tolerante; más extraño todavía es su insistencia en que el término ya era de uso popular³¹. ¿Dónde encontró Butterfield el término, que no fuera en Koyré (cuya obra habría sido totalmente desconocida para su audiencia), usado específicamente para los siglos XVI y XVII? La frase «la revolución científica del siglo XVII» se origina, a lo que parece, en el filósofo y reformista educativo americano John Dewey, fundador del pragmatismo, en 1915^{xxii}, pero es improbable que Butterfield leyera a Dewey. Seguramente la fuente de Butterfield es *The Rise of European Liberalism* (1936), de Harold J. Laski, un libro que tuvo muchísimo éxito y que acababa de ver su segunda edición en 1947³². Laski era un político prominente y el principal intelectual socialista de la época; era lo bastante marxista para que le gustara la palabra «revolución». Así pues, fue el uso que hacía Laski del término, y no el de Koyré, el que Butterfield adoptó con una cierta incomodidad, creyendo que ya resultaría familiar para muchos de sus oyentes y lectores.

³¹ Butterfield, *The Origins of Modern Science* (1950), viii.

³² Laski, *The Rise of European Liberalism* (1936). Ornstein en 1913, Preserved Smith en 1930 y Bernal en 1939 habían empleado también el término «la Revolución Científica» (Cohen, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry* (1994), 389-396), pero esto no justificaría describir el concepto como popular.

Así, en este aspecto, la Revolución Científica no es como las revoluciones americana o francesa, que se denominaron revoluciones cuando tuvieron lugar; es una construcción de intelectuales que, desde el siglo XX, miraban hacia el pasado. El término viene modelado por el de «Revolución Industrial», que a finales del siglo XIX ya era común y corriente (y que, al parecer, se origina en 1848, con Horace Greeley, que ahora es famoso por haber dicho supuestamente «¡Ve al Oeste, muchacho!»³³), pero que también es una construcción *a posteriori*^{xxiii}. Y, desde luego, esto significa que algunos querrán afirmar siempre que estaríamos mejor sin tales construcciones... aunque vale la pena recordar que los historiadores las emplean de manera constante (y a menudo sin pensar): «medieval», por ejemplo, o la guerra de los Treinta Años (términos que, necesariamente, solo pudieron ser introducidos *a posteriori*); o, para cualquier período antes del Renacimiento, «el estado», o, para cualquiera antes de mediados del siglo XVIII, «clase», en el sentido de clase social.

Como el término «Revolución Industrial», la idea de una revolución científica comporta problemas de multiplicación (¿cuántas revoluciones científicas?) y periodización (Butterfield consideró que su período iba de 1300 a 1800, de manera que pudiera discutir tanto los orígenes como las consecuencias de la revolución del siglo XVII). A medida que pasaba el tiempo, la idea de que hay algo que

³³ Greeley, «The Age We Live In» (1848), 51: «Lowell, Mánchester, Lawrence, no son otra cosa que tipos de la Revolución Industrial que transforma rápidamente todo el mundo civilizado».

pueda denominarse con buen criterio *la* Revolución Científica se ha visto atacada cada vez más. Algunos han argumentado la continuidad: que la ciencia moderna deriva de la ciencia medieval, o en realidad de Aristóteles^{xxiv}. Otros, empezando con Thomas Kuhn, quien publicó un libro sobre *The Copernican Revolution* en 1957, seguido de *The Structure of Scientific Revolutions* (1962), han buscado multiplicar las revoluciones: la revolución darwiniana, la revolución cuántica, la revolución del ADN, etcétera³⁴. Otros han afirmado que la Revolución Científica real llegó en el siglo XIX, en el matrimonio de la ciencia y la tecnología³⁵. Todas estas diferentes revoluciones tienen su utilidad a la hora de comprender el pasado, pero no tendrían que distraer nuestra atención del acontecimiento principal: la invención de la ciencia.

Tendría que ser evidente que la palabra «revolución» se usa en sentidos muy distintos en algunos de los ejemplos anteriores, y ayuda a distinguir tres de ellos, ejemplificados por la Revolución Francesa, la Revolución Industrial y la revolución copernicana. La Revolución Francesa tuvo un principio y un final; fue una revuelta enorme que, de una u otra manera, afectó a todos los que vivían en aquella época en Francia; cuando empezó, nadie preveía cómo terminaría. La Revolución Industrial es bastante diferente: es bastante difícil decir cuando empezó y cuando terminó (por convención, va desde alrededor de 1760 a algún momento entre

³⁴ Koyré, *The Astronomical Revolution* (1973) (original francés, 1961).

³⁵ Cunningham y Williams, «De-Centring the "Big Picture"» (1993).

1820 y 1840), y afectó a algunos lugares y a algunas personas de manera mucho más rápida y extensa de lo que afectó a otros, pero todo el mundo estaría de acuerdo en que se inició en Inglaterra y en que dependió de la máquina de vapor y del sistema fabril. Finalmente, la revolución copernicana es una mutación o transformación conceptual que hizo del sol, y no de la tierra, el centro del universo, y que situó a la Tierra en movimiento alrededor del sol en lugar del sol alrededor de la tierra. Durante los primeros cien años después de la publicación del libro de Copérnico *De revolutionibus orbium coelestium (On the Revolutions of the Heavenly Spheres) (Sobre las revoluciones de las esferas celestes)* en 1543 solo un número limitado de especialistas estaban familiarizados con los detalles de sus argumentaciones, que no fueron aceptadas de manera general hasta la segunda mitad del siglo XVII.

La incapacidad de distinguir estos sentidos, y de preguntar cuál de ellos tenían en mente los primeros que utilizaron el término «la Revolución Científica», ha causado una enorme confusión. El origen de esta confusión es sencillo: desde sus primeras apariciones, el término «la Revolución Científica» se empleaba de dos maneras muy distintas. Para Dewey, Laski y Butterfield, la Revolución Científica era un proceso extenso, complejo y transformador, que se podía comparar con la Reforma (a la que Laski denominaba una revolución teológica) o con la Revolución Industrial. Para Koyré, siguiendo el concepto de Gaston Bachelard de una «pausa epistemológica», se identificaba con una única mutación intelectual: la sustitución de la idea aristotélica de lugar (en la que siempre

había un arriba y un abajo, una izquierda y una derecha) por una idea geométrica de espacio, una sustitución que hizo posible, argumentaba Koyré, la invención de la idea de inercia, que era el fundamento de la física moderna³⁶. Koyré tuvo una gran influencia en América, y su concepción bachelardiana de una mutación intelectual fue adoptada por Thomas Kuhn en *The Structure of Scientific Revolutions*. Laski y Butterfield tuvieron una influencia comparable en Inglaterra sobre obras como *The Scientific Revolution* (1954), de Rupert Hall, que negaba cualquier conexión entre la Revolución Científica y la Industrial, y *Science in History*, de J. D. Bernal, cuyo segundo volumen, *The Scientific and Industrial Revolutions* (1965), insistía en la proximidad de la conexión.

Hay una diferencia fundamental entre estas dos concepciones de la Revolución Científica. Copérnico, Galileo, Newton, Darwin, Heisenberg y otros que fueron responsables de reconfiguraciones, mutaciones o transformaciones concretas en ciencia tuvieron una buena comprensión de lo que estaban haciendo cuando lo hicieron. Sabían que si sus ideas eran adoptadas las consecuencias serían trascendentales. Así, es fácil pensar en las revoluciones científicas como actos deliberados, realizados por personas que consiguieron lo que se proponían conseguir. La Revolución Científica de Butterfield no era esta clase de revolución. Las comparaciones entre la Revolución Científica y las revoluciones políticas no son totalmente engañosas, porque ambas eran transformadoras de la vida de todo

³⁶ Shapin, *The Scientific Revolution* (1996), 3.

lo que tocaban; ambas tenían inicios y finales identificables; ambas implicaban luchas por la influencia y la posición social (en la Revolución Científica, entre los filósofos aristotélicos y los matemáticos que preferían la nueva ciencia). Por encima de todo, tanto las revoluciones políticas como la Revolución Científica tuvieron resultados no intencionados, imprevistos. Marat aspiraba a la libertad; el resultado fue Napoleón. Lenin, cuando publicó *Estado y revolución*, exactamente dos meses antes de la revolución de octubre de 1917, creía genuinamente que una revolución comunista conduciría a un rápido debilitamiento del estado. Incluso en la Revolución Americana, que se acercó mucho a realizar los ideales que la inspiraron al principio, hay una brecha enorme entre *Common Sense* («Sentido común») (1776), de Thomas Paine, que imaginaba un sistema democrático en el que una mayoría pudiera hacer más o menos lo que quisiera, y los complejos controles y equilibrios de la Constitución americana, tal como se analiza en *The Federalist* («El federalista», 1788), cuya intención era mantener a radicales como Paine atados y bien atados. En la Revolución Científica, Bacon y Descartes figuraban entre los que tenían planes para un cambio intelectual absoluto, pero sus planes eran castillos en el aire, y ninguno de ellos imaginó lo que Newton conseguiría. El hecho de que el resultado de la Revolución Científica *en su conjunto* no fuera previsto ni buscado por ninguno de sus participantes no hace de ella menos revolución, pero significa que no fue una clara pausa epistemológica del tipo que Koyré describió^{xxv}. Asimismo, cuando primero Thomas Newcomen (1711) y después James Watt

(1769) inventaron nuevos y potentes motores de vapor, ninguno de ellos previó que la era del vapor vería la construcción de un gran sistema de ferrocarriles que rodearía la Tierra: el primer ferrocarril de vapor público no abrió hasta 1825. Este es el tipo de revolución, una revolución de consecuencias no intencionadas y de resultados no previstos, lo que Butterfield pretendía evocar con el término «la Revolución Científica»³⁷.

Si definimos de manera estricta el término «revolución», como una transformación abrupta que afecta a todo el mundo al mismo tiempo, no existe una Revolución Científica... ni tampoco una Revolución Neolítica, ni Revolución Militar (como consecuencia de la invención de la pólvora), ni tampoco Revolución Industrial (después de la invención de la máquina de vapor). Pero hemos de reconocer la existencia de revoluciones dispersas y extendidas si queremos dejar de lado la política y comprender el cambio económico, social, intelectual y tecnológico a gran escala. Por ejemplo, ¿quién pondría objeciones al término «la revolución digital», sobre la base de que no hay un acontecimiento singular y discreto, localizado en el tiempo y en el espacio?

Hay una cierta ironía en la adopción por parte de Butterfield del término retrospectivo «Revolución Científica», y una todavía mayor en su elección de *The Origins of Modern Science* para su título. En

³⁷ La fuente de Koyré cuando introdujo por primera vez la idea de Revolución Científica en 1935 fue Bachelard, *Le Nouvel Esprit scientifique* (1934), traducido posteriormente como Bachelard, *The New Scientific Spirit* (1985). En ediciones posteriores introdujo una referencia al trabajo clásico, Bachelard, *La Formation de l'esprit scientifique* (1938), traducido como Bachelard, *The Formation of the Scientific Mind* (2002).

1931 había publicado *The Whig Interpretation of History*, que atacaba a los historiadores que escribían como si la historia inglesa condujera de manera natural e inevitable al triunfo de los valores liberales³⁸. Los historiadores, argumentaba Butterfield, han de aprender a ver el pasado como si el futuro fuera desconocido, como lo era para la gente de la época. Han de pensar su camino en un mundo en el que los valores que ahora tenemos, las instituciones que ahora admiramos, ni siquiera fueron imaginados, y mucho menos aprobados. No era la tarea de los historiadores alabar a aquellas personas del pasado con cuyos valores y opiniones estaban de acuerdo ni de criticar a aquellas con las que no lo estaban; solo Dios tenía el derecho a juzgar^{xxvi}. El ataque de Butterfield a la tradición liberal de la literatura histórica en Inglaterra era saludable, aunque pronto se dio cuenta de que el tipo de historia que él defendía sería incapaz de dar sentido al pasado, puesto que sin visión retrospectiva sería imposible establecer la importancia de los acontecimientos; la historia se convertiría como la batalla de Borodino tal como la experimentaron sus participantes (al menos según Tolstói en *Guerra y paz*) y tanto los lectores como los propios historiadores se atascarían, incapaces de dar sentido a los acontecimientos. Tolstói, desde luego, en tanto que narrador omnisciente, proporciona también un comentario consecutivo, que establece qué es lo que los combatientes conspiraban para producir,

³⁸ Butterfield, *The Whig Interpretation of History* (1931). Para su importancia permanente, véase, por ejemplo, Wilson y Ashplant, «Whig History» (1988).

quiérase o no. Pero los historiadores posteriores han vuelto naturalmente la frase «historia whig^{xxvii}» contra el propio Butterfield, y lo han acusado de dar por sentada la superioridad de la ciencia moderna sobre todo lo que hubo antes. La idea misma de un libro sobre «orígenes» les parece contraria a los principios que Butterfield estableció en *The Whig Interpretation of History*^{xxviii}.³⁹ Efectivamente, lo es, pero el fallo reside en los principios iniciales de Butterfield, no en su práctica posterior, porque realmente necesitamos comprender los orígenes de la ciencia moderna si es que hemos de comprender nuestro propio mundo.

§ 2.

En los últimos años, la mayor parte de estudiosos se han mostrado reacios a adoptar el término «la Revolución Científica», y muchos lo han rechazado explícitamente. A menudo se cita la frase inicial de *The Scientific Revolution* (1996), de Steven Shapin: «No existe tal cosa como la Revolución Científica —escribió—, y este es un libro sobre ello»⁴⁰. El origen principal de su incomodidad (una vez se han

³⁹ Elton, «Herbert Butterfield and the Study of History» (1984), 736. *Origins* es, según dice B. J. T. Dobbs, «la historia de la ciencia más liberal imaginable»: Dobbs, «Newton as Final Cause» (2000), 30. Véase Westfall, «The Scientific Revolution Reasserted» (2000), 41-43, para una defensa.

⁴⁰ Shapin, *The Scientific Revolution* (1996). Autoridades clave acerca de la Revolución Científica son Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture* (1961); Cohen, *The Birth of a New Physics* (1987); Lindberg y Westman (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution* (1990); Cohen, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry* (1994); Applebaum, *Encyclopedia of the Scientific Revolution* (2000); Osler (ed.), *Rethinking the Scientific Revolution* (2000); Dear, *Revolutionizing the Sciences* (2001); Rossi, *The Birth of Modern Science* (2001); Henry, *The Scientific Revolution* (2002); Wussing, *Die grosse Erneuerung* (2002); Hellyer (ed.), *The Scientific*

aclarado las confusiones acerca del significado del término «revolución») indica una característica del estudio de la historia que Butterfield simplemente dio por sentada y no consideró necesario discutir: que el lenguaje es «la principal herramienta de trabajo» del historiador⁴¹. Todo *The Whig Interpretation of History* de Butterfield es una crítica del pensamiento anacrónico en la historia, pero Butterfield no discute nunca una fuente fundamental de anacronismo: el lenguaje en el que escribimos sobre el pasado no es el lenguaje de la gente sobre la que escribimos^{xxix}. Cuando Adrian Wilson y T. G. Ashplant replantearon en 1988 los argumentos de Butterfield, el rasgo central de la empresa del historiador se había convertido en el hecho de que los textos que sobreviven el pasado están escritos en lo que equivale a un idioma extranjero^{xxx}. De repente, parecía que existía un problema que hasta entonces no se había reconocido con la palabra «revolución», y de hecho también con la palabra «ciencia», porque estos eran nuestros términos, no los suyos^{xxxi}.

El término «ciencia» procede del latín *scientia*, que significa 'saber' o 'conocimiento'. Un punto de vista que considerar, punto de vista que deriva tanto del rechazo de Butterfield de la historia whig y de Wittgenstein (a quien volveremos más avanzado el capítulo), es que la verdad o el saber es lo que la gente piensa que es^{xxxii}. Según este

Revolution (2003); Cohen, *How Modern Science Came into the World* (2010); Principe, *The Scientific Revolution* (2011). Para una visión general de las tendencias recientes en erudición, Smith, «Science on the Move» (2009).

⁴¹ Wilson y Ashplant, «Whig History» (1988), 14.

punto de vista, la astrología fue antaño una ciencia, y desde luego también lo fue la teología. En las universidades medievales el plan de estudios fundamental consistía en las siete «artes» y «ciencias» liberales: gramática, retórica y lógica; matemáticas, geometría, música y astronomía (incluida la astrología⁴²). En la actualidad se las suele denominar las siete artes liberales, pero originalmente cada una de ellas era llamada a la vez un arte (una habilidad práctica) y una ciencia (un sistema teórico); la astrología, por ejemplo, era la habilidad aplicada, la astronomía el sistema teórico^{xxxiii}. Estas artes y ciencias proporcionaban a los estudiantes los fundamentos para el estudio posterior de la filosofía y la teología, o de la medicina o el derecho. También estas se llamaban ciencias, pero la filosofía y la teología eran exploraciones puramente conceptuales que carecían de una habilidad aplicada acompañante. Tenían implicaciones y aplicaciones prácticas, desde luego (la teología se aplicaba al arte de predicar, y tanto la ética como la política, tal como las estudiaban los filósofos, tenían implicaciones prácticas), pero no había cursos universitarios en teología o filosofía aplicadas. No eran artes, y habría sido incomprensible declarar entonces, como ahora hacemos, que la filosofía pertenece a las artes, no a las ciencias^{xxxiv}.

Además, estas ciencias estaban organizadas en una jerarquía: los teólogos se sentían con derecho para ordenar a los filósofos que demostraran la racionalidad de la creencia en un alma inmortal (a

⁴² Wagner, *The Seven Liberal Arts* (1983).

pesar del hecho de que Aristóteles no había sido de esta opinión: los argumentos filosóficos contra la inmortalidad del alma fueron condenados por los teólogos de París en 1270); los filósofos creían tener derecho para ordenar a los matemáticos que demostraran que todo movimiento en los cielos es circular, porque solo el movimiento circular puede ser uniforme, permanente e invariable, y que demostraran que la tierra es el centro de todos estos círculos celestiales^{xxxv xxxvi}. Una descripción básica de la Revolución Científica es decir que representó una rebelión con éxito de los matemáticos en contra de la autoridad de los filósofos, y de ambos contra la autoridad de los teólogos⁴³. Un ejemplo tardío de esta rebelión es aparente en el título de Newton, *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, título que es un acto deliberado de desafío^{xxxvii}. Un ejemplo temprano lo proporciona Leonardo da Vinci (m. 1519),

⁴³ Así Milliet de Chales, *Cursus seu mundus mathematicus* (1674), I, †3r: *Plebeiae sunt caeterae disciplinae, mathesis Regia* ; ††1r: *Primum inter naturales scientias locum, sibi iure vindicare Mathematicas disciplinas*; y en la edición póstuma expandida, Milliet de Chalves, *Cursus seu mundus mathematicus* (1690), vol. 1, 1-2: *Quòd si hoc praesertim saeculo, assurgere non nihil videtur Physica, fructúsque edidisse non poenitendos, si multa scita digna, jucunda, Antiquis etiam incognita decreta sunt; ideò sane quia Mathematici philosophantur, rebúsque physicis Mathematices placita admiscent*. Bennett, «The Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy» (1986), es importante en este aspecto; al igual que la tabla en Gascoigne, «A Reappraisal of the Role of the Universities» (1990), 227; y hay un artículo importante sobre las colaboraciones entre matemáticos y anatomistas: Bertoloni Meli, «The Collaboration between Anatomists and Mathematicians in the Mid-seventeenth Century» (2008). Robert Boyle es una excepción interesante (y parcial) a la regla de que los nuevos científicos son casi siempre o matemáticos o médicos: Shapin, «Boyle and Mathematics» (1988). Reconocer el desacuerdo entre matemáticos y filósofos ayuda a clarificar el papel de las universidades en la Revolución Científica: para una visión positiva de su papel, véase Gascoigne, «A Reappraisal of the Role of the Universities» (1990) (pero adviértase la Tabla 5.2, que demuestra que solo un tercio de los científicos nacidos entre 1551 y 1650 tuvieron puestos en la universidad); y Porter, «The Scientific Revolution and Universities» (1996).

quien en su póstumo *Trattato della Pittura (Tratado de pintura)*^{xxxviii} escribió: «Ninguna investigación humana puede calificarse de verdadera ciencia si no es capaz de demostración matemática. Si dices que las ciencias que empiezan y terminan en la mente son verdad, esto no debe concederse, sino que es negado por muchas razones, y principalmente por el hecho de que la prueba de la experiencia^{xxxix} está ausente de estos ejercicios de la mente, y sin ella nada puede ser cierto». Al decir esto, Leonardo, que era ingeniero a la vez que artista, rechazaba toda la filosofía natural aristotélica (que es lo que quiere decir con «las ciencias que empiezan y terminan en la mente») y limitaba las ciencias verdaderas a aquellas formas de conocimiento que eran simultáneamente matemáticas y basadas en la experiencia: aritmética, geometría, perspectiva, astronomía (incluida la cartografía) y música son las que él menciona. Se dio cuenta de que a menudo las ciencias matemáticas eran desestimadas por «mecánicas» (es decir, contaminadas por una relación estrecha con el trabajo manual), pero insistía en que solo ellas eran capaces de producir verdadero conocimiento. Lectores posteriores de Leonardo no podían creer que hubiera querido decir lo que dijo, pero es seguro que quiso decirlo⁴⁴. Y, como consecuencia de esta rebelión de

⁴⁴ Leonardo da Vinci, *Treatise on Painting* (1956), n.º 1. Para una perplejidad posterior, véase Leonardo da Vinci, *Trattato della pittura* (1817), 2. Para una argumentación extensa de que las matemáticas son el cimiento de todo el saber verdadero, Aggiunti, *Oratio de mathematicae laudibus* (1627), esp. 8, 26, 33. No hay razones para pensar que este texto sea de Galileo (*pace* Peterson, *Galileo's Muse*, 2011), pero ciertamente estaba de acuerdo con él

los matemáticos, en la época moderna la filosofía ha sido degradada de ciencia pura a simple arte.

Una parte clave de la filosofía, pues dicha disciplina fue heredada de Aristóteles y se enseñaba en las universidades, era el estudio de la naturaleza («naturaleza» procede del término latino «natura», cuyo equivalente griego es *physis*). Para los aristotélicos, el estudio de la naturaleza era para comprender el mundo, no para cambiarlo, de modo que no había arte (o tecnología) asociada a la ciencia de la naturaleza. Y puesto que la naturaleza era la encarnación de la razón, en principio era posible deducir cómo tenían que ser las cosas. Para Aristóteles, la ciencia ideal consistía en una cadena de deducciones lógicas a partir de premisas incontestables^{xi}.

Cuando se desarrolló a lo largo del siglo XVII una alternativa a la filosofía natural de Aristóteles, una alternativa que al principio se denominó «nueva filosofía» (término que hemos visto que John Donne adoptaba en 1611), había una necesidad evidente de encontrar un vocabulario para describir el nuevo saber^{xli}. El término que empleamos en inglés moderno, «ciencia», era demasiado vago: tal como hemos visto, ya había muchas ciencias. Una opción, la que se adoptó con más frecuencia, era continuar empleando los términos de origen latino: «filosofía natural» y «filósofo natural»^{xlii}. Puesto que se trataba de términos asociados con un nivel social más elevado y mayores salarios, era inevitable que los nuevos

filósofos intentarían apropiárselos⁴⁵: Galileo, por ejemplo, que había sido profesor de matemáticas, se convirtió en 1610 en filósofo del gran duque de Toscana^{xliii}. (Hobbes sostenía que Galileo era el mayor filósofo de todas las épocas).⁴⁶ Para algunos, la única filosofía real era la filosofía natural: así, Robert Hooke, una de las primeras personas a las que se pagó para realizar experimentos, afirma lisa y llanamente: «La incumbencia de la filosofía es encontrar un conocimiento perfecto de la naturaleza y propiedades de los cuerpos», y descubrir cómo utilizar este conocimiento. Esto es lo que él denominaba «ciencia verdadera»⁴⁷. Este uso de los términos «filosofía» y «filósofo» sobrevivió durante mucho más tiempo de lo que se pueda imaginar. En 1889, Robert Henry Thurston publicó *The Development of the Philosophy of the Steam Engine* («El desarrollo de la filosofía del motor de vapor»): por «filosofía» quería decir «ciencia».

Pero el término «filosofía natural» era insatisfactorio porque implicaba que la nueva filosofía era parecida a la antigua, que no tenía aplicación práctica. Había otra opción, que era usar una frase ya existente que evitaba el término «filosofía»: «ciencia natural», y este uso era común en el siglo XVII^{xliv}. (No fue hasta el siglo XIX cuando «ciencia» terminaría por usarse de manera general como una abreviación de «ciencia natural»). Había disponible un término

⁴⁵ Biagioli, «The Social Status of Italian Mathematicians, 1450-1600» (1989).

⁴⁶ «Galilaeus, non modo nostri, sed omnium saeculorum philosophus maximus», Hobbes, *De mundo* (1973), 178.

⁴⁷ Hooke, *The Posthumous Works* (1705), 3-4.

incluso más general; «conocimiento natural». El estudiante de la naturaleza necesitaba un nombre, de modo que a finales del siglo XVI apareció un nuevo nombre, «naturalista»; solo más tarde «naturalista» acabó refiriéndose específicamente a alguien que estudiaba los seres vivos (tan tarde como 1755, el Dr. Johnson en su *Dictionary* definía un naturalista como «una persona bien versada en filosofía natural»). Una alternativa a «naturalista» era «historiador natural», término derivado de la *Naturalis historia* (78 EC) de Plinio; pero la reputación de Plinio cayó como consecuencia de la nueva ciencia, y las historias naturales sencillas fueron pronto sustituidas por programas de observación más elaborados.

Si el latín no ofrecía una solución perfecta, ¿qué pasaba con el griego? La solución obvia era «física» (o «fisiología») y «físico» (o «fisiólogo»^{xlv}). Ambos conjuntos de términos, como sus originales griegos, incluían el estudio completo de la naturaleza, animada e inanimada; así, los *Physiological Essays* («Ensayos fisiológicos») de Boyle de 1661 se refieren a la ciencia natural en su conjunto. Pero ambos los habían reclamado ya los médicos (la medicina fue durante mucho tiempo la única «arte» basada en una ciencia de la naturaleza), lo que suponía un inconveniente considerable. No obstante, los intelectuales ingleses de la segunda mitad del siglo XVII utilizaban «física» para indicar «conocimiento de la naturaleza» o «filosofía natural» (en oposición a «física», que significa 'medicina'). Para el pastor presbiteriano Richard Baxter, «la verdadera física es el conocimiento de las obras cognoscibles de Dios», y para John Harris, que daba conferencias públicas sobre la nueva ciencia desde

1698, «la fisiología, la física o la filosofía natural es la ciencia de los cuerpos naturales»⁴⁸, aunque reconoce que algunos emplean también el término «fisiología» para referirse a «una parte de la física que enseña la constitución del cuerpo». Harris empleaba aquí todavía «fisiología» en un sentido que siguió siendo común y corriente hasta finales del siglo XVIII: es el sentido original del término, que precede a su uso para referirse al estudio de la biología humana. Quien estudiaba la filosofía humana era un «fisiólogo». No fue hasta el siglo XIX cuando «fisiología» se cedió definitivamente a los médicos, mientras que los científicos naturales redefinieron «física» para excluir «biología» (término inventado en 1799) y, junto con la palabra «física», se introdujo una nueva, «físico»^{xlvi} 49.

Una solución posterior fue inventar un término que reflejara la manera en que el nuevo conocimiento entrecruzaba las disciplinas tradicionales de la filosofía natural (que incluía lo que ahora llamamos «física») y las matemáticas (que incluían mecánica y astronomía). De ahí el empleo de términos tales como «fisicomatemáticos» y «fisicomecánicos», como en «experimentos

⁴⁸ Baxter, *A Paraphrase on the New Testament* (1685), anotaciones a 1 Corintios, 2 (citado erróneamente en el *Oxford English Dictionary*, OED s.v. *physic*); y Harris, *Lexicon technicum* (1704), citado en OED s.v. *physiology* (cito de la segunda edición, de 1708). Véase también Hooke, *The Posthumous Works* (1705), 172: «The Science of Physicks, or of Natural and Experimental Philosophy». Wotton piensa que en inglés *physick* y *physical* se hallan restringidos adecuadamente a la medicina (Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning*, 1694, 289), pero en la práctica emplea *physical* para referirse a la física en general.

⁴⁹ Para *physiology* empleado como sinónimo de *physical science*, véase el título completo de Gilbert, *De magneti* (1600) (*physiologia nova*); y Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654); también Parker, arriba, p. 40, y Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), 457.

fisicomecánicos», e incluso los híbridos peculiares «filosofía mecánica» y «filosofía matemática»^{xlvii}.

Así pues, no estamos tratando con una transformación que se refleja en un único par de términos: «filosofía natural» que, en el siglo XIX, se convirtió en «ciencia»⁵⁰. Por el contrario, hay una complicada red de términos, y un cambio en el significado de un término produce un ajuste en el significado de todos los demás⁵¹. La innovación más sorprendente del siglo XIX, en cuanto se refiere al lenguaje de la ciencia, fue la introducción del término «científico»^{xlviii}. Pero el hecho de que no hubiera personas llamadas «científicas» antes de 1833, cuando William Whewell introdujo el término, no significa que no hubiera una palabra para identificar a alguien que era un experto en ciencia natural: se los llamaba «naturalistas», o «fisiólogos», o «físicos»; en italiano eran *scienziati*, en francés *savants*,

⁵⁰ Andrew Cunningham ha insistido particularmente en que la categoría correcta para los inicios del período moderno es «filosofía natural», y que la filosofía natural difiere de la ciencia en que está centrada en Dios. Véase su debate con Edward Grant: Cunningham, «How the *Principia* Got Its Name» (1991); Grant, «God, Science and Natural Philosophy» (1999); Cunningham, «The Identity of Natural Philosophy» (2000); y Grant, «God and Natural Philosophy» (2000). Me parece que Grant está en lo cierto. Véase también Dear, «Religion, Science and Natural Philosophy» (2001). John Schuster está desarrollando una argumentación mucho más exigente (véase, por el momento, Schuster, *Descartes-Agonistes*, 2013, 31-98), pero no estoy de acuerdo con su opinión de que la filosofía natural es la categoría para pensar acerca de la Revolución Científica y que la Revolución Científica es una guerra civil *dentro* de la filosofía natural. Véase también en una categoría alternativa, las físico-matemáticas, que me parecen mucho más útiles: Dear, *Discipline and Experience* (1995), 168-179, Schuster, «Cartesian Physics» (2013), 57-61; y Schuster, *Descartes-Agonistes* (2013), 10-13, 56-59. La cuestión de si la nueva ciencia ha de considerarse, quierase o no, como un hiato en la filosofía natural, o una lucha en el seno de la misma, depende en parte de si se piensa que el Descartes maduro es típico o atípico.

⁵¹ Kuhn, *The Road since Structure* (2000), 42-43. *Discipline and Experience* (1995), 151-152 sobre el «modelo en red» de Mary Hesse.

en alemán *Naturforscher* y en inglés *virtuosos*⁵² xlix. *The Christian Virtuoso* («El virtuoso cristiano», 1690), de Robert Boyle, trata de alguien «adicto a la filosofía experimental»⁵³. Cuando términos como *virtuosi* empezaron a parecer anticuados, fueron sustituidos por la frase «hombres de ciencia», que en los siglos XVI y XVII se usaba para referirse a todos los que poseían una educación liberal o filosófica («hombres de una ciencia, no de un oficio»), pero que en el decurso del siglo XVIII empezó a usarse de manera más estricta para referirse a las personas a las que denominamos «científicos»^l.

El término «científico» se iría estableciendo muy lentamente por la sencilla razón de que (como nuestra palabra «televisión») era un híbrido ilegítimo de latín y griego. El geólogo Adam Sedgwick (m. 1873) garabateó en el margen de su ejemplar de un libro de Whewell: «Mejor morir de esta carencia que bestializar nuestra lengua con tales barbarismos»⁵⁴. En fecha tan tardía como 1894, Thomas Huxley («el bulldog de Darwin») insistía en que nadie que tuviera respeto por el idioma inglés usaría dicha palabra, que encontraba «casi tan agradable como la palabra “electrocución”» (un híbrido griego-latín, en lugar de latín-griego), e incluso en aquella época no estaba solo^{li}. A este respecto, será útil poder contrastar «científico» con el término nada polémico «microscopista» (1831), una palabra formada adecuadamente porque estaba hecho por entero a

⁵² Para los franceses, véase Schaffer, «Scientific Discoveries» (1986), 408.

⁵³ Boyle, *The Christian Virtuoso* (1690), portada = Boyle, *The Works* (1999), vol. 11, 281.

⁵⁴ Citado de Secord, *Visions of Science* (2014), 105.

partir de materiales griegos⁵⁵. Si consideramos otros idiomas europeos, solo el portugués ha seguido al inglés al crear un híbrido lingüístico: *cientista*. Así, la afirmación de que «la palabra *scientist* no se creó hasta 1833 porque solo entonces la gente se dio cuenta de que era necesaria» es errónea: hacía mucho tiempo que había una necesidad percibida de una palabra que cumpliera este propósito⁵⁶. El problema era que encontrar una palabra apropiada (que no tuviera ya un uso diferente y que estuviera construida adecuadamente) era un obstáculo genuino, de modo que solo cuando la necesidad se hizo absolutamente perentoria se superó el obstáculo, y solo entonces transgrediendo la que se consideraba una de las reglas básicas de la formación de vocablos. Fundamentalmente, sin embargo, el término «scientist» fue simplemente una palabra nueva y útil para un tipo de persona que ya hacía tiempo que existía⁵⁷.

El adjetivo «científico» se halla entre la «ciencia» clásica y el nombre «científico» del siglo XIX. *Scientificus* (de *scientia* y *facere*, producir conocimiento) no es un término del latín clásico; lo inventó Boecio a principios del siglo XI. En inglés, además de un par de ocurrencias en un texto de 1589, «científico» no aparece hasta 1637, y a partir de esta fecha se hace cada vez más común. Tiene tres significados principales: puede referirse a un determinado tipo de pericia

⁵⁵ 1831 es de Google Books; *OED* da 1835-1836.

⁵⁶ Hannam, *God's philosophers* (2009), 338.

⁵⁷ Hill, «The Word "Revolution" in Seventeenth-century England» (1986), 149, sobre cómo «las cosas preceden a las palabras».

(«científica», opuesta a «mecánica»; el conocimiento de un estudioso o un caballero, en oposición al de un comerciante); a un método demostrativo (es decir, mediante silogismos aristotélicos); pero, en un tercer sentido (como en «la medición científica de triángulos», 1645, en una obra sobre topografía), se refiere a las nuevas ciencias de la Revolución Científica. En francés, el término «scientifique» apareció antes, en el siglo XIV, en el sentido de producción de conocimiento; en el siglo XVII se usaba para referirse a las ciencias abstractas y especulativas, y solo empieza a usarse como equivalente del término sustantivo inglés «científico» (*un scientifique*) en 1895, por la misma época en que el término inglés «scientist» empezaba a utilizarse de manera general⁵⁸.

En cada idioma europeo, desde luego, el patrón era algo distinto. En el francés del siglo XVII encontramos los términos equivalentes del inglés «physician» (*physicien*) y «naturalist» (*naturaliste*). En francés, *physicien* no había sido nunca un término utilizado para los médicos, de modo que el término se hallaba convenientemente disponible para referirse a un científico natural, y después para evolucionar y convertirse en el equivalente francés para «físico»^{lii}. En Italia, en contraste, la conexión entre *fisico* y medicina ya era fuerte en el siglo XVI, y los nuevos filósofos rara vez se denominaban a sí mismos *fisici*⁵⁹; pero el italiano ya tenía a mano un término,

⁵⁸ Benveniste, *Problèmes de linguistique Générale II* (1974), 247-253; las fechas en inglés son del *OED*, comprobadas con los Early English Books Online (EEBO) y Google Books; debo la fecha de 1895 a Pierre Fiala, quien hizo amablemente la búsqueda en la base de datos Frantext.

⁵⁹ Una excepción es Bruno: Bruno, *The Ash Wednesday Supper* (1995), 139.

«scienzato» (hombre de conocimiento), que falta en inglés y que sigue faltando en francés (*scientiste* se usa casi siempre de manera peyorativa para designar a alguien que está obsesionado con ser científico).

Afirmar, como se hace con frecuencia, que no hubo ciencia hasta que hubo «científicos» es, por lo tanto, simplemente, revelar una ignorancia de la evolución del lenguaje para el conocimiento de la naturaleza, y para los conocedores de la naturaleza, entre los siglos XVII y XIX⁶⁰. Los que dudan a la hora de emplear los términos «ciencia» y «científico» para el siglo XVII, convencidos de que son anacrónicos, no comprenden que toda la historia implica traducción de un lenguaje a otro, y que «ciencia» es simplemente una abreviación de un término perfectamente común y corriente del siglo XVII, «ciencia natural», de la misma manera que «científico» es simplemente un sustituto de «naturalista», «físico», «fisiólogo» y «virtuoso». La primera reunión formal del grupo que se convertiría en la Royal Society discutió formar una asociación para promover «el conocimiento físico-matemático experimental»: dejaban perfectamente claro que su empresa no era la filosofía natural como se entendía de manera tradicional, sino el nuevo tipo de conocimiento que había resultado del hecho de que los matemáticos hubieran invadido el territorio de los filósofos⁶¹.

⁶⁰ Un ejemplo tomado al azar: Denton, *The ABC of Armageddon* (2001), 84-85.

⁶¹ Shapiro, *John Wilkins* (1969), 192.

También se ha afirmado que no había científicos en el siglo XVII porque no existía ningún papel profesional que pudiera ocupar un científico. «No había científicos en la Inglaterra de los Estuardo —se nos dice—, y todos los hombres que hemos agrupado bajo este epígrafe eran aficionados en grado diverso»⁶². Por el mismo argumento, Hobbes, Descartes y Locke no eran filósofos, porque nadie les pagaba para que escribieran filosofía; de ahí se seguiría que los únicos filósofos propiamente dichos en el siglo XVII eran los filósofos escolásticos, empleados por las universidades y los colegios de jesuitas. De hecho, en este sentido algunos de los nuevos científicos eran, como los nuevos filósofos, aficionados, no profesionales: Robert Boyle, del que recibe su nombre la ley de Boyle, era rico de forma independiente, y una profesión habría estado por debajo de su dignidad como hijo que era de un conde. John Wilkins, que escribió extensamente sobre cuestiones científicas, era un clérigo y acabó siendo obispo, pero cuando la Royal Society fue fundada en 1662 ya había sido gobernador del Merton College de Oxford y presidente del Trinity College de Cambridge (designado por el régimen de Oliver Cromwell), aunque su carrera universitaria había sido arruinada por la Restauración, y entonces se vio obligado a retroceder en la promoción eclesiástica^{liii}. También Charles Darwin, desde luego, era un científico aficionado, no un científico profesional^{liv}.

⁶² Laslett, «Commentary» (1963).

Sin embargo, sería totalmente erróneo pensar en la nueva ciencia como una actividad primariamente *amateur*, es decir, no remunerada. En este aspecto es diferente de la nueva filosofía de Hobbes, Descartes y Locke: no pertenecían a una profesión, pero en su mayoría los nuevos científicos practicaban ciencia como parte de su empleo remunerado. Giovanni Battista Benedetti (1530-1590), matemático y filósofo del duque de Saboya^{lv}), Kepler (matemático del Sacro Emperador Romano) y Galileo (durante dieciocho años profesor de matemáticas) no eran aficionados o *amateurs*: eran matemáticos profesionales, que se dedicaban a problemas que eran parte del plan de estudios de la universidad, aunque sus soluciones a dichos problemas fueran muy diferentes a las que se enseñaban en las universidades. Tycho Brahe, como hemos visto, recibió financiación del estado. La confección de instrumentos matemáticos y la cartografía eran empresas comerciales (por ejemplo, Gerardus Mercator, 1522-1599, se dedicó a ambas actividades).

Tampoco había escasez de tales personas en la Inglaterra de los Estuardo. Robert Hooke (m. 1703), Denis Papin (m. 1712) y Francis Hauksbee (m. 1713) fueron pagados por la Royal Society para que realizaran experimentos, aunque solo Hooke recibió un salario regular^{lvi}. Christopher Wren, miembro fundador de la Royal Society y al que ahora se recuerda mejor como arquitecto, fue profesor saviliano^{lvii} de astronomía en la Universidad de Oxford, donde ocupaba una cátedra fundada en 1619, y previamente había ocupado la cátedra de astronomía en el Gresham College de Londres (fundado en 1597); se reconocía universalmente a la astronomía

como una rama de las matemáticas, y la arquitectura requería habilidades matemáticas. Isaac Newton fue profesor lucasiano de matemáticas en Cambridge, y ocupaba una cátedra fundada en 1663. En la medida en que había un papel profesional que ocupaban los nuevos científicos, este era el de matemático, y había muchas personas que hacían de las matemáticas su profesión fuera de las dos universidades: Thomas Digges (1546-1595), por ejemplo, que desempeñó un papel importante en el mayor de los proyectos de ingeniería de la era isabelina, la reconstrucción del puerto de Dover, y que también intentó transformar Inglaterra en una monarquía electiva, o Thomas Harriot (m. 1621), cuyo talento como astrónomo, navegante, cartógrafo e ingeniero militar hizo que fuera contratado para formar parte de la expedición de Raleigh a Roanoke (1585⁶³). Así pues, había muchos matemáticos que consideraban que la nueva filosofía caía dentro de su área de pericia profesional⁶⁴. Y, naturalmente, los temas cruciales para la nueva ciencia se correspondían claramente con las preocupaciones profesionales de los matemáticos del siglo XVII: astronomía/astrología, navegación, cartografía, topografía, arquitectura, balística e hidráulica⁶⁵.

⁶³ Sobre Digges, Johnson y Larkey, «Thomas Digges, the Copernican System' (1934); Ash, «A Perfect and an Absolute Work» (2000); y Collinson, «The Monarchical Republic» (1987). Sobre Harriot, Fox (ed.), *Thomas Harriot* (2000); Schemmel, *The English Galileo* (2008); y Greenblatt, «Invisible Bullets» (1988).

⁶⁴ La incapacidad de Laslett de reconocer que las matemáticas eran una profesión relacionada con la ciencia (solo menciona la medicina) sugiere que no había leído Taylor, *The Mathematical Practitioners* (1954). Cabe esperar que esta equivocación sería mucho más difícil ahora, gracias a obras como Dear, *Discipline and Experience* (1995).

⁶⁵ Una figura clave que publica sobre casi todos estos aspectos es el matemático holandés Simon Stevin: Dijksterhuis, *Simon Stevin: Science in the Netherlands around 1600* (1970).

Sería perfectamente razonable evitar las palabras «ciencia» y «científico» cuando se habla del siglo XVII si la introducción de dichos términos señalara un momento real de cambio, pero «ciencia» es simplemente una abreviación de «ciencia natural», mientras que «científico» no señala un cambio en la naturaleza de la ciencia, ni siquiera un nuevo papel social para los científicos, sino un cambio en el decurso del siglo XIX en el significado cultural del saber clásico: un cambio que ha resultado incomprensible a aquellos historiadores de la ciencia que no han recibido ni tan solo los rudimentos de una educación clásica.

§ 3.

Aunque Copérnico, Galileo y Newton eran bien conscientes de que sus ideas eran trascendentales, y podemos describir legítimamente su obra como revolucionaria, nunca se dijeron explícitamente: «Estoy haciendo una revolución». El término «revolución» se utilizaba raramente incluso en la época de Newton para referirse a transformaciones a gran escala, y casi nunca antes de la Gloriosa Revolución de 1688, el año antes de la publicación de sus *Principia*; incluso entonces estaba en principio confinado a las revoluciones políticas^{lviii} 66. Butterfield tenía razón al insistir en que el historiador ha de aspirar a comprender el mundo desde el punto de vista de los que vivían en aquella época^{lix}, pero, como hemos visto, solo

⁶⁶ Snow, «The Concept of Revolution» (1962). Hill, «The Word "Revolution" in Seventeenth-century England» (1986), aduce una fecha anterior, pero la mayor parte de sus ejemplos son, en el mayor de los casos, ambiguos.

comprender el mundo desde su punto de vista nunca puede ser suficiente. El historiador ha de mediar entre el pasado y el presente, encontrando un lenguaje que transmita a los lectores actuales las creencias y convicciones de personas que pensaban de manera muy distinta. Por lo tanto, toda la historia implica traducción desde el lenguaje fuente (aquí, el de los matemáticos, filósofos y poetas del siglo XVII) al lenguaje objetivo (aquí, el de los inicios del siglo XXI⁶⁷). Así, el historiador traduce adecuadamente «ciencia natural» en «ciencia» y «fisiólogo» en «científico».

Pero ¿no habrá aquí algo más que una cuestión de traducción? En el lenguaje de Newton, podría afirmarse, no solo no hay una sola palabra o frase equivalente a nuestra palabra «revolución», sino que falta el concepto mismo. La cultura de Newton, podría decirse, era intrínsecamente conservadora y tradicionalista; Newton no podría haber formulado la idea de una revolución aunque hubiera querido. En el capítulo 3 veremos que, aunque puede ser una generalización útil describir el Renacimiento y la cultura del siglo XVII, en muchos aspectos, como retrógrada, hay importantes excepciones, y fueron las excepciones las que hicieron posible la ciencia moderna. Por el momento, sin embargo, señalemos únicamente que *hay* un término que, al menos para los protestantes, tenía muchas de las connotaciones de «revolución», y este término es «reforma». En el espacio de unas pocas décadas, entre 1517 y 1555, Lutero y Calvino habían transformado las doctrinas, rituales y papel social del

⁶⁷ Hull, «In Defence of Presentism» (1979).

cristianismo; habían hecho una revolución, que dio origen a ciento cincuenta años de guerras religiosas. Así pues, antes de que la Revolución Científica fuera una revolución, fue una reforma. «El proyecto principal», escribía Hooke en 1665, acerca de sus propios esfuerzos y de los de la Royal Society, era «una *reforma* en la filosofía»⁶⁸. Thomas Sprat, al escribir una historia de la Royal Society en 1667, comparaba repetidamente la reforma en la filosofía natural con la reforma anterior en la religión⁶⁹.

Sprat continuaba reconociendo que había algunos intransigentes que eran tan hostiles frente a todos los aspectos del saber antiguo que querían abolir Oxford y Cambridge. Comparaba a estos fanáticos con los hombres que estaban dispuestos a abolir el episcopado en Inglaterra pero que habían terminado ejecutando al rey y estableciendo la Commonwealth:

Confieso que no ha habido carencia de algunos reivindicadores de la nueva filosofía que no han empleado ningún tipo de moderación hacia ellas [las universidades]. Sino que han terminado por concluir que nada puede hacerse bien en nuevos descubrimientos, a menos que todas las artes antiguas sean rechazadas primero, y sus semilleros abolidos. Pero la precipitación de los actos de estos hombres ha perjudicado, en lugar de favorecer, lo que pretenden promover. Están tan furiosamente

⁶⁸ Hooke, *Micrographia, or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies* (1665), a4.

⁶⁹ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 327, 363.

*dispuestos a purgar la filosofía como nuestros modernos fanáticos hicieron con la reforma de la religión. Y es justo condenar tanto a un bando como al otro. Nada les bastará a ninguno, como no sea una destrucción total, de raíz y ramalxi, de cualquier cosa que tenga aspecto de antigüedad*⁷⁰.

Así, Sprat reconocía que algunos de los defensores de la nueva ciencia le recordaban a los regicidas (la monarquía, tanto como el episcopado, tenían «aspecto de *antigüedad*»), lo que seguramente es lo más parecido que podía a llamarlos revolucionarios. Sprat publicaba siete años después de la restauración de la monarquía y a favor de una sociedad fundada bajo el patrocinio real. Necesitaba distanciarse de cualquier conexión entre el radicalismo en ciencia y el radicalismo en política; resulta muy notable que estuviera dispuesto a recalcar esta comparación entre algunos de los proponentes de la nueva filosofía y los hombres que, solo unos años antes, habían puesto el mundo patas arriba.

Naturalmente, en 1790, Antoine Lavoisier, envuelto en plena Revolución Francesa, declaró que estaba haciendo una revolución en química. Lavoisier, a diferencia de Sprat, habla nuestro lenguaje porque vivía durante una revolución que transformó el lenguaje de la política, modelando el lenguaje que todavía hablamos. Muchos intelectuales franceses estaban ya discutiendo la posibilidad de una

⁷⁰ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 328-329.

revolución política en los años previos a 1789, y después de 1776 la Revolución Americana les proporcionó un modelo⁷¹. En Francia, la palabra precedió a la acción, aunque no por mucho^{lxii}. En el siglo XVII Galileo y Newton no sabían nada de este lenguaje^{lxiii}. Pero ellos y sus contemporáneos dejaron perfectamente claro que intentaban realizar un cambio radical y sistemático: el hecho de que no tuvieran el término «revolución» no significa que estuvieran obligados a pensar en el conocimiento como algo estable e invariable. «En cuanto a nuestro trabajo —escribió un miembro anónimo de la Royal Society en 1674— todos estamos completamente de acuerdo, o así debiera ser, que no es blanquear las paredes de una casa vieja, sino construir una nueva»⁷². Demoler lo viejo y empezar de nuevo desde cero es de lo que van las revoluciones.

§ 4.

De la misma manera que los historiadores excesivamente escrupulosos se niegan a emplear los términos «revolución», «ciencia» y «científico» cuando escriben sobre el siglo XVII, se resisten a utilizar la otra palabra de Butterfield, «moderno», porque esta también les parece intrínsecamente anacrónica. Pero los libros del Renacimiento sobre guerra solían incluir la palabra «moderno»

⁷¹ Cohen, «The Eighteenth-century Origins of the Concept of Scientific Revolution» (1976); y Baker, *Inventing the French Revolution* (1990).

⁷² Hunter y Wood, «Towards Solomon's House» (1986), 81. Compárese Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 29: «se derribará una gran Fábrica, y otra se erigirá en su lugar».

en su título para demostrar que reconocían las consecuencias revolucionarias de la pólvora⁷³. En el Renacimiento, se entendía que la música moderna era muy distinta de la música antigua porque era polifónica en lugar de monódica; el padre de Galileo, Vincenzo, escribió un *Dialogo della musica antica et della moderna* («Diálogo sobre la música antigua y la moderna»⁷⁴). Los mapas modernos mostraban las Américas^{lxiv}.

La primera historia que se escribió en términos de progreso es la historia de Vasari del arte del Renacimiento, *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori, e architettori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri* (*Las vidas de los artistas*, 1550)⁷⁵. Le siguió rápidamente la traducción del comentario de Proclo del primer libro de Euclides, que hizo Francesco Barozzi en 1560; presentaba la historia de las matemáticas en términos de una serie de inventos o descubrimientos. De hecho, los matemáticos (que solían pasar tiempo con los artistas, porque les enseñaban la geometría de la perspectiva)^{lxv} ya estaban dispuestos a afirmar que también ellos hacían progresos, y habían empezado a publicar libros con la palabra «nuevo» en el título, creando así una moda que se extendió de las matemáticas a las ciencias experimentales: *Theoricae novae*

⁷³ Sobre el término «modern» en inglés, Withington, *Society in Early Modern England* (2010), 73-101.

⁷⁴ Galilei, *Dialogue on Ancient and Modern Music* (2003).

⁷⁵ Kuhn, *Structure* (1970), 161; Feyerabend, *Farewell to Reason* (1987), 143-161. Hubo pronto (1587-1595) un intento de Bernardino Baldi para escribir una historia de las matemáticas modernas siguiendo el modelo de las *Vidas* de Vasari: Swerdlow, «Montucla's Legacy» (1993), 301; y Rose, «Copernicus and Urbino» (1974).

planetarum («Nuevas teorías de los planetas», Peuerbach, escrito en 1454, publicado en 1472); *Nova scientia* («Nueva ciencia», Tartaglia, 1537); *The New Philosophy* («La nueva filosofía», Gilbert, m. 1603; este es el subtítulo, o quizá el título adecuado de *Of Our Sublunar World* («De nuestro mundo sublunar», publicado póstumamente; la disposición de la cubierta es ambigua); *Astronomia nova* («La nueva astronomía», Kepler, 1609); *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze* (*Diálogos acerca de las dos nuevas ciencias*, Galileo, 1638); *Expériences nouvelles touchant le vide* («Experimentos nuevos relacionados con el vacío», Pascal, 1647); *Experimenta nova anatomica* («Nuevos experimentos anatómicos», Pecquet, 1651); *New Experiments Physico-mechanical* («Nuevos experimentos fisicomecánicos», Boyle, 1660). La lista es más extensa⁷⁶. Como gran pionero de la idea de progreso, Bacon escribió *Novum organum* (*Indicaciones relativas a la interpretación de la naturaleza*) y *The New Atlantis* (*La nueva Atlántida*), y su libro sobre *The Wisdom of the Ancients* («La sabiduría de los antiguos», 1609) supuso un fuerte contraste entre los antiguos y los modernos.

Dado todo este énfasis en la novedad, ¿por qué no utilizaron los científicos el término «moderno» en el título de sus libros? La respuesta es clara. Tanto en el islam como en la cristiandad, «filosofía moderna» significaba filosofía pospagana⁷⁷. Por ejemplo, para William Gilbert, fundador de una nueva ciencia del

⁷⁶ Para unos doscientos ejemplos, véase Thorndike, "Newness and Craving for Novelty" (1951).

⁷⁷ Por ejemplo, Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (1923), II, 451-527; y Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), 345.

magnetismo, santo Tomás de Aquino (1225-1274) era un filósofo moderno⁷⁸. En consecuencia, no tenía ningún interés en describir su propia filosofía natural como «moderna», y prefirió llamarla «nueva». En filosofía, a diferencia de la guerra y la música, el término «moderno» no estaba disponible porque ya se había usado de manera diferente. Lo mismo ocurría en arquitectura, en la que, en el siglo XV, «arquitectura moderna» significaba arquitectura gótica⁷⁹. En ciencia, esto solo empezó a cambiar en el decurso del debate entre antiguos y modernos a finales del siglo XVII. Jonathan Swift cuenta todavía a Tomás de Aquino entre los modernos en *The Battle of the Books* («La batalla de los libros», 1720), pero al hacerlo resulta deliberadamente anticuado⁸⁰. René Rapin, que fue uno de los primeros en enfrentar a los antiguos con los modernos, había redefinido el concepto de filosofía moderna al llamar a Galileo «el fundador de la filosofía moderna» en 1676 (un juicio particularmente sorprendente al proceder de un jesuita, dada la condena de Galileo por la Inquisición romana en 1633), pero este uso no había cuajado en inglés⁸¹. No obstante, con un artículo definido, «la filosofía moderna», o «la *manera moderna de la filosofía*», podía usarse, aunque de forma algo incómoda, para referirse a la

⁷⁸ Gilbert, *De magnete* (1600), cap. 1. Gilbert también identifica autores «más modernos», i. e. autores del Renacimiento.

⁷⁹ Filarete, *Trattato di architettura* (1972), Bk 13; Panofsky, *Renaissance and Resuscitations* (1970), 28, citado de Greenblatt y Koerner, "The Glories of Classicism" (2013). Véase

⁸⁰ Swift, *A Tale of a Tub* (2010), 153.

⁸¹ Rapin, *Reflexions upon Ancient and Modern Philosophy* (1678), 189 (primera edición francesa, 1676).

ciencia contemporánea: Boyle fue el primero en emplearla así, en 1666⁸². La frase «ciencia moderna» se usó por primera vez por Gideon Harvey en 1699, en el decurso de un ataque indiscriminado tanto contra la antigua filosofía como contra la nueva⁸³. A finales del siglo XVII, la filosofía antigua es el escolasticismo; la ciencia moderna es la ciencia de Descartes y Newton.

De la misma manera que el término «moderno» se estableció lentamente en un contexto científico, no fue hasta finales del siglo XVII cuando el término «progreso» y los de significado parecido se hicieron comunes. El título mismo de la Royal Society, fundada en 1660, es la Sociedad Real de Londres para el Avance de la Ciencia Natural. «Avance» implica progreso, por lo que no resulta sorprendente que el título completo de la obra de Thomas Sprat, *History of the Royal Society*, fuera *The History of the Institution, Design and Progress of the Royal Society of London for the Advancement of Experimental Philosophy* («La historia de la institución, diseño y progreso de la Sociedad Real de Londres para el Avance de la Filosofía Experimental»); («filosofía experimental» era, desde luego, otro término para lo que ahora denominamos «ciencia», y «progreso» se utilizaba aquí de manera algo ambigua entre su antiguo significado (un viaje, y por lo tanto un proceso de cambio) y su nuevo significado (un proceso de mejora); «avance» es otro término relacionado con el progreso. Un año después, Joseph

⁸² Boyle, *Hydrostatical Paradoxes* (1666), A7r = Boyle, *The Works* (1999), vol. 5, 195; y Glanvill, *Plus ultra* (1668), 1. Para Glanvill, Bacon, Galileo, Descartes y Boyle son *los modernos*.

⁸³ Harvey, *The Vanities of Philosophy and Physick* (1699), 10.

Glanvill publicó *Plus ultra: or the Progress and Advancement of Knowledge since the Days of Aristotle* («Más allá. O el progreso y avance del saber desde los días de Aristóteles»). Al final del siglo, el progreso se daba por sentado, como en el título de la obra de Daniel Le Clerc *The History of Physick, or, An Account of the Rise and Progress of the Art, and the Several Discoveries Therein from Age to Age* («Historia de la física, o un relato del auge y progreso del arte y de sus diversos descubrimientos de época en época», 1699)⁸⁴. Antes de que el término «progreso» se pusiera de moda, Robert Boyle empleó dos veces como epígrafe un pasaje de Galeno: «Hemos de ser audaces e ir a cazar la verdad; incluso si no conseguimos llegar directamente a ella, al menos estaremos más cerca de ella de lo que estamos ahora»⁸⁵. Boyle emplea la caza como metáfora de progreso. Es este triunfo de la idea de progreso, junto con la redefinición del término «moderno», lo que señala el final de la primera fase de la larga Revolución Científica en medio de la cual seguimos viviendo⁸⁶.

⁸⁴ Glanvill, *Plus ultra* (1668); Le Clerc, *The History of Physick* (1699) (publicado primero en francés, 1696).

⁸⁵ «Audendum est, et veritas investiganda; quam etiamsi non assequamur, omnino tamen propius, quam nunc sumus, ad eam pervenivemus». (El significado de la raíz de *investigare* es «seguir la pista de»). Boyle, *The Origine of Formes and Qualities* (1666) = Boyle, *The Works* (1999), vol. 5, 281; Boyle, *A Free Enquiry* (1686) = Boyle, *The Works* (1999), vol. 10, 437. Véase Eamon, *Science and the Secrets of Nature* (1994), 269-300.

⁸⁶ Wootton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), prefacio sin paginar, 91, 105, 146, 169, 341. Para un ejemplo temprano de la frase «progreso de la ciencia» (y variaciones), véase: Jarrige, *A Further Discovery of the Mystery of Jesuitisme* (1658); Borel, *A New Treatise* (1658), 2; Borel se basa en un malentendido: que Bacon había escrito un libro *de progressu Scientiarum* (92); Naudé, *Instructions Concerning Erecting of a Library* (1661); Bacon, *The Novum organum... Epitomiz'd* (1676), 11; y Le Clerc, *The History of Physick* (1699), «To the Reader» (sin paginar).

En cualquier caso, había alternativas al lenguaje del progreso que servían exactamente al mismo propósito: los lenguajes de la invención y el descubrimiento. En 1598 Brahe insistía que el nuevo sistema geoheliocéntrico del cosmos era de su propia *invención*: afirmaba haber inventado una teoría exactamente de la misma manera que afirmaba haber inventado el sextante astronómico. Otros habían intentado robarle el crédito del sistema geoheliocéntrico pero, propiamente, le pertenecía únicamente a él⁸⁷. Galileo, cuando en 1610 anunció al mundo lo que había visto a través de su telescopio, fue comparado con su paisano florentino Américo Vespucio (Amerigo Vesputio) con Cristóbal Colón y con Fernando Magallanes⁸⁸. Al descubrir las lunas de Júpiter, Galileo había descubierto nuevos mundos, igual que había hecho la navegación. A partir de entonces, todos los científicos soñaban con hacer descubrimientos comparables. He aquí al primer científico profesional, Robert Hooke (1635-1703), que escribía apresuradamente. Muchas personas, en todas las épocas, dice, han indagado «sobre la naturaleza y las causas de las cosas»:

Pero sus empeños, al haber sido únicos y apenas nunca unidos, mejorados o regulados por el arte, han terminado solo en algún producto pequeño e insignificante que apenas merece ser nombrado. Pero aunque la humanidad ha estado pensando estos seis mil años, y seguirá

⁸⁷ Citado en Gingerich y Westman, «The Wittich Connection» (1988), 19.

⁸⁸ Wootton, *Galileo* (2010), 96, 123, 286 n. 53.

haciéndolo otros seiscientos mil más, hay y habrá muchos paraderos donde estuvo al principio, completamente inadecuados e incapaces de conquistar las dificultades del saber natural. Pero este mundo recién descubierto ha de ser conquistado por un ejército cortesiano^{lxvi}, bien disciplinado y regulado, aunque el número de sus hombres solo puede ser reducido⁸⁹.

La Royal Society tenía que ser este «ejército cortesiano, bien disciplinado y regulado, aunque el número de sus hombres solo puede ser reducido». La imagen de Hooke es engañosa... y se dejó engañar por ella. No se le oponían los aztecas, sino filósofos aristotélicos. No necesitaba conquistar la naturaleza con el fin de comprenderla. No era necesario que su ejército fuera disciplinado y regulado; la competencia (como veremos en el capítulo 3) proporcionaba la única disciplina que necesitaba. Pero estaba en lo cierto en los aspectos fundamentales. Había elegido como imagen el ejército cortesiano porque deseaba conjurar en su mente la transformación más convulsiva e irreversible que se había registrado en la historia; porque quería descubrir nuevos mundos; y porque deseaba que sus descubrimientos beneficiaran a su sociedad, de la misma manera que la conquista del Nuevo Mundo había enriquecido a la España de Cortés. Los términos clave de Hooke no eran «ciencia», o «revolución», o «progreso», pero una

⁸⁹ Hunter y Wood, «Towards Solomon's House» (1986), 87.

traducción razonable de sus propios términos («saber natural», «mundo recién descubierto», «ejército cortesiano») en nuestro lenguaje es decir que Hooke soñaba con lo que denominamos Revolución Científica.

No estaba solo: «La filosofía aristotélica es inadecuada para nuevos descubrimientos», escribía Joseph Glanvill en 1661. «Existe una América de secretos, y [un] desconocido Perú de la naturaleza» que todavía no se han encontrado:

Y no dudo que la posteridad descubrirá muchas cosas, que ahora no son sino rumores, en realidades prácticas. Dentro de algunas épocas, puede que un viaje a las extensiones australes desconocidas, y posiblemente a la luna, no serán más extraños que un viaje a América. Para aquellos que vendrán después de nosotros, podrá ser tan ordinario comprar un par de alas para volar a las regiones más remotas, como ahora es comprar un par de botas para realizar un viaje. Y comunicarse a la distancia de las Indias mediante medios de transporte simpáticos, quizá sea tan usual en tiempos futuros, como lo es para nosotros la correspondencia literaria... Ahora bien, aquellos que juzgan por la estrechez de miras de los antiguos principios, sonreirán ante estas expectativas paradójicas: Pero queda fuera de toda duda que aquellas grandes invenciones, que en estos últimos tiempos han alterado la faz de todas las cosas, fueron en tiempos anteriores, por sus proposiciones desnudas y meras suposiciones, igual

de ridículas. Cuando se hablaba de que se había descubierto una Tierra nueva [el Nuevo Mundo de las Américas], se consideraba una aventura de la antigüedad. Y navegar sin ver las estrellas o la costa mediante la guía de un mineral [la brújula], se consideraba un cuento más absurdo que el vuelo de Dédalo⁹⁰.

Y, desde luego, Glanvill estaba en lo cierto: volamos y nos comunicamos a distancia; hemos estado no solo en Australia, sino también en la luna.

Thomas Hobbes, que escribía en 1655, pensaba que no hubo astronomía que mereciera este nombre antes de Copérnico, que no hubo física antes de Galileo, ni fisiología antes de William Harvey. «Pero puesto que estas, la astronomía y la filosofía natural, han avanzado en general extraordinariamente en tan poco tiempo... la filosofía natural es por lo tanto joven»⁹¹. Pero fue Henry Power (uno de los primeros ingleses que experimentó con el microscopio y el barómetro) quien, en 1664, ofreció la expresión más elocuente a la idea de que el saber se estaba transformando y que el nuevo conocimiento era totalmente distinto del antiguo:

Y esta es la época en la que las almas de todos los hombres se hallan en una especie de fermentación, y el espíritu de la sabiduría y el conocimiento empieza a

⁹⁰ Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661), 178, 181-183.

⁹¹ Hobbes, *Elements of Philosophy* (1656), B1r (primera edición en latín, 1655).

aumentar y a liberarse de aquellos impedimentos adormilados y terrenales que durante tanto tiempo lo mantuvieron atascado, y de la insípida apatía y caput mortuum^{lxvii} de ideas inútiles, en la que ha soportado una fijación muy violenta y prolongada.

Esta es la época en la que, así lo creo, la filosofía llega con una marea de primavera; y por más que los peripatéticos puedan esperar detener la corriente de marea, o (con Jerjes) encadenar el océano, para dificultar que la nueva filosofía se desborde, soy del parecer que hay que tirar toda la basura, y derrocar los edificios podridos, para que una inundación tan potente los arrastre. Estos son los días en que hay que asentar los cimientos de una filosofía más magnífica, que nunca será derrocada; que sondeará de manera empírica y sensata los fenómenos de la naturaleza, deduciendo las causas de las cosas a partir de aquellos originales de la naturaleza, que observamos que son producibles por arte, y la infalible demostración de la mecánica; y, ciertamente, este es el camino, y no hay otro, para construir una filosofía verdadera y permanente⁹²...

En 1666, el matemático y criptógrafo John Wallis (que introdujo el símbolo ∞ para infinito) escribió, de manera más circunspecta:

⁹² Power, *Experimental Philosophy* (1664), 192.

«Porque, desde que *Galileo* y (después de él) *Torricelli*, y otros, han aplicado principios *mecánicos* a la solución de dificultades *filosóficas*, es bien sabido que la filosofía natural se ha hecho más inteligible, y que ha hecho un progreso mucho mayor en menos de cien años, que anteriormente durante muchas épocas»⁹³.

Hooke, Glanvill, Hobbes, Power y Wallis participaron en esta transformación; pero su comprensión de lo que estaba ocurriendo la compartieron espectadores bien informados. En 1666, el obispo Samuel Parker saludaba el reciente triunfo de «la filosofía mecánica y experimental» sobre las filosofías de Aristóteles y Platón, y afirmaba que

*podemos esperar racionalmente una mayor mejora de la filosofía natural por parte de la Royal Society (si perseveran en su proyecto) que la que ha habido en todas las épocas anteriores; porque al haber desechado todas las hipótesis particulares y haberse adherido a los experimentos y observaciones exactos, no solo podrán proporcionar al mundo una Historia de la naturaleza completa (que es la parte más útil de la fisiología [ciencia natural]), sino también sentar cimientos firmes y sólidos sobre los que erigir hipótesis*⁹⁴.

⁹³ Wallis, «An Essay of Dr John Wallis» (1666), 264.

⁹⁴ Parker, *A Free and Impartial Censure* (1666), 45.

Parker (con buenas razones) pensaba que la gran mejora en el saber estaba a punto de comenzar, ahora que se había establecido el método correcto de indagación. Solo dos años después el poeta John Dryden (asimismo con buenas razones) opinaba que ya estaba claramente en marcha:

¿No es evidente, en estos cien años últimos (cuando el estudio de la filosofía ha sido la ocupación de todos los virtuosos de la cristiandad), que casi se nos ha revelado una nueva naturaleza? ¿Que se han detectado más errores de la escuela [aristotélica], que se han hecho más experimentos útiles en filosofía, que se han descubierto más nobles secretos en óptica, medicina, anatomía, astronomía, que en todas aquellas épocas crédulas y chochas, desde Aristóteles hasta nosotros? Así, es cierto que nada se extiende más rápidamente que la ciencia, cuando se cultiva de manera correcta y general⁹⁵.

La cronología de Dryden es cierta: «estos cien años últimos» nos retrotraen, casi exactamente, a la nova de 1572. Su vocabulario es ejemplar: emplea *virtuosos* para decir científicos, y «ciencia» para decir, bueno, ciencia^{lxviii}. Dryden ve que la nueva ciencia se basa en nuevos valores de evidencia. Reconoce la posibilidad del relativismo (¿cuántas naturalezas nuevas podría haber?) al tiempo que insiste en que la nueva ciencia no es solo algún tipo de moda local, sino

⁹⁵ Dryden, *Of Dramatic Poesie* (1668), 9.

una transformación irreversible en nuestro conocimiento de la naturaleza⁹⁶.

§ 5.

Podríamos seguir acumulando pruebas de este tipo para la validez de la idea de la Revolución Científica, pero muchos estudiosos seguirían escépticos y sin posibilidad de convencerse. La ansiedad que ahora preocupa a los historiadores cuando leen los términos «científico», «revolución», «moderno» y (el peor de todos) «progreso» en estudios de la ciencia natural del siglo XVII no es solo un temor al lenguaje anacrónico; es un síntoma de una crisis intelectual mucho más amplia que se ha expresado en una retirada general de las grandes narraciones de todo tipo^{lxi}. El problema, se nos dice, con las grandes narraciones es que favorecen a una perspectiva en detrimento de otra; la alternativa es un relativismo que sostiene que todas las perspectivas son igualmente válidas.

Los argumentos más influyentes a favor del relativismo fluyen de la filosofía de Ludwig Wittgenstein (1889-1951^{lxx}). Wittgenstein enseñó en Cambridge de manera ocasional entre 1929 y 1947 (se marchó el año antes de que Butterfield impartiera sus clases sobre la Revolución Científica), pero a Butterfield nunca se le hubiera ocurrido que necesitara consultar a Wittgenstein, o de hecho a ningún otro filósofo, para aprender a pensar sobre ciencia. No fue hasta los últimos años de la década de 1950, después de la

⁹⁶ Kuhn, *Structure* (1970), 162-163.

publicación de las *Philosophical Investigations* en 1953, que argumentos tomados de Wittgenstein empezaron a transformar la historia y la filosofía de la ciencia; su influencia ya puede verse, por ejemplo, en *The Structure of Scientific Revolutions*, de Thomas Kuhn⁹⁷. A partir de ahí resultó común afirmar que Wittgenstein había demostrado que la racionalidad era totalmente relativa desde el punto de vista cultural: nuestra ciencia puede ser diferente de la de los antiguos romanos, pero no tenemos base para afirmar que es mejor, porque su mundo era absolutamente diferente del nuestro. No existe un patrón común que permita comparar ambas ciencias. La verdad, según la doctrina de Wittgenstein de que el significado es el uso⁹⁸, es lo que decidimos que sea; necesita un consenso social pero no ninguna correspondencia entre lo que decimos y cómo es el mundo⁹⁹.

Esta primera oleada de relativismo fue complementada posteriormente por otras tradiciones intelectuales profundamente distintas: la filosofía lingüística de J. L. Austin, el postestructuralismo de Michel Foucault, el posmodernismo de Jacques Derrida y el pragmatismo de Richard Rorty. Se suele

⁹⁷ Winch, *The Idea of a Social Science* (1958); Hanson, *Patterns of Discovery* (1958); Kuhn, *Structure* (1962). Wittgenstein fue una influencia clave en David Bloor y la «escuela de Edimburgo»: Bloor, *Knowledge and Social Imagery* (1991); y Bloor, *Wittgenstein* (1983). Para un evaluación devastadora del proyecto de emplear a Wittgenstein como base de una sociología relativista, Williams, «Wittgenstein and Idealism» (1973).

⁹⁸ Wittgenstein, *Philosophical Investigations* (1953), §43.

⁹⁹ E.g. Phillips, *Wittgenstein and Scientific Knowledge* (1977), 200-201. He empezado con Wittgenstein, pero William James pensaba que el concepto de verdad como algo distinto a un recurso humano murió en 1850: James, «Humanism and Truth (1904)» (1978), 40-41.

emplear la frase «el giro lingüístico» para referirse a todas estas tradiciones diferentes, porque comparten un sentido común de cómo, tal como Wittgenstein dijo, «los límites de mi lenguaje suponen los límites de mi mundo»^{lxxi}. Tal como veremos de inmediato, gran parte del argumento sobre la Revolución Científica surge de la ramificación de este punto de vista.

Dentro de la historia de la ciencia ha sido particularmente importante una tradición poswittgensteiniana: a menudo se la denomina «Estudios de Ciencia y Tecnología»¹⁰⁰. Este movimiento se originó con Barry Barnes y David Bloor en la Unidad de Estudios de Ciencia de la Universidad de Edimburgo (fundada en 1964), que estaban muy influidos por Wittgenstein (Bloor, por ejemplo, escribió *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge*, 1983). Barnes y Bloor propusieron lo que llamaron «el programa robusto». Lo que hace que el programa robusto sea robusto es la convicción de que el contenido de ciencia, y no solo las maneras en que la ciencia se organiza, o los valores y aspiraciones de los científicos, pueden explicarse sociológicamente. Su esencia reside en el principio de simetría: hay que dar los mismos tipos de explicaciones, según este principio, para todos los tipos de afirmaciones de conocimiento, ya tengan éxito o no^{lxxii}. Así, si me encuentro con alguien que afirma que la tierra es plana, buscaré una explicación psicológica y/o sociológica para su creencia peculiar; cuando me encuentre con

¹⁰⁰ Biagioli (ed.), *The Science Studies Reader* (1999), proporciona una introducción a lo que se acostumbraba a llamar Estudios de Ciencias y ahora se denomina Estudios de Ciencia y Tecnología.

alguien que afirme que la Tierra es una esfera que flota en el espacio y que orbita alrededor del sol, también habré de buscar exactamente los mismos tipos de explicaciones para esta creencia. El programa robusto insiste en que es legítimo decir que la explicación para la segunda creencia es la que es correcta, o incluso que la gente la cree porque tiene buenas pruebas de ello. Así, excluye sistemáticamente de la consideración la característica misma que hace que los argumentos científicos sean distintivos: su recurso a evidencias superiores. Ningún seguidor de Wittgenstein puede aceptar acríticamente la noción de «evidencia»; en realidad, algunos afirmarían que no pueden aceptarla en absoluto. Bertrand Russell se encontró por vez primera con Wittgenstein en 1911. En el breve obituario que escribió cuarenta años después hizo referencia a un recuerdo de sus primeros encuentros:

Al principio yo dudaba de si era un hombre de genio o un excéntrico, pero muy pronto decidí en favor de la primera alternativa. Algunas de sus primeras opiniones hacían difícil la decisión. En un cierto momento sostenía, por ejemplo, que todas las proposiciones existenciales carecen de sentido. Esto lo dijo en un aula, y lo invité a considerar esta proposición: «Ahora mismo no hay ningún hipopótamo en el aula». Cuando se negó a creerla, busqué bajo todas

*las mesas sin encontrar ninguno; pero siguió sin estar convencido*¹⁰¹.

Nadie debería sorprenderse si las historias y las filosofías de la ciencia que empiezan con Wittgenstein parecen no acertar el meollo mismo de lo que trata la ciencia^{lxxiii}.

Barnes y Bloor son sociólogos, y es perfectamente comprensible que insistan en que ellos y sus colegas sociólogos debieran limitarse a explicaciones sociológicas. Pero ellos van mucho más allá. Una opinión relativista, que la ciencia no es una manera de pillar el sentido de la realidad, no es la conclusión que estos estudiosos sacan de su investigación; es el supuesto (siguiendo su interpretación de Wittgenstein) en el que se basan. Con el fin de justificarlo, los que proponen dicha posición insisten en que la evidencia nunca se descubre: siempre se «construye» dentro de una comunidad social concreta. Decir que un cuerpo de evidencia es superior a otro es adoptar el punto de vista de una comunidad y rechazar el de otra. El éxito de un programa de investigación científica depende, pues, no de su capacidad de generar nuevo conocimiento, sino de su capacidad de movilizar el respaldo de una comunidad. Tal como Wittgenstein lo plantea: «Al final de las razones viene la *persuasión*. (Pensad en lo que ocurre cuando los misioneros convierten a los nativos)»¹⁰².

¹⁰¹ Russell, «Obituary: Ludwig Wittgenstein» (1951).

¹⁰² Wittgenstein, *On Certainty* (1969), §612.

Tales estudiosos presentan la ciencia como si tratara de la retórica, la persuasión y la autoridad, porque el principio de simetría los obliga a suponer que de esto es de todo lo que puede tratar. Al hacerlo así, van directamente contra las opiniones de los propios científicos iniciales. Así, un artículo influyente se titula «*Totius in verba: Rhetoric and Authority in the Early Royal Society*», aunque el lema de la Royal Society era *nullius in verba* («en la palabra de nadie»; o, alternativamente, quizá «las palabras no cuentan»): la afirmación de los fundadores de la Society era que huían de las formas de conocimiento basadas en la retórica y la autoridad^{lxxiv}. Una forma de historia que se presenta como fuertemente sensible al lenguaje de la gente en el pasado actúa rechazando sin más trámite lo que dijeron, una y otra vez, acerca de ellos mismos. El anacronismo, desacreditado y expulsado por la puerta trasera, vuelve a entrar triunfante por la delantera.

Puede ser difícil de creer, pero los que propugnan el programa robusto han adquirido una posición dominante en la historia de la ciencia. El ejemplo más sorprendente de este enfoque en acción es *Leviathan and the Air-pump* (1985), de Steven Shapin y Simon Schaffer, que se suele considerar la obra más influyente en la disciplina desde *Structure of Scientific Revolutions* de Thomas Kuhn^{lxxv}. La nueva historia de la ciencia ofrecía, en la frase de Steven Shapin, una historia social de la verdad^{lxxvi}. El método científico, se aducía ahora, iba cambiando, de modo que no existía tal cosa como *el* método científico: un famoso libro de Paul Feyerabend se titulaba *Against Method*^{lxxvii}; su lema era «todo vale»;

lo siguió *Farewell to Reason*¹⁰³. Algunos filósofos y casi todos los antropólogos estaban de acuerdo: los patrones de racionalidad eran, insistían en ello, locales y muy variables¹⁰⁴.

Pero hemos de rechazar la idea de Wittgenstein de que la verdad es simplemente consenso, una idea incompatible con una comprensión de una de las cosas principales que hace la ciencia, que es demostrar que una visión de consenso ha de abandonarse cuando no encaja con la evidencia^{lxxviii}. Aquí el texto clásico es la «Carta a Cristina de Lorena» (1615), de Galileo, en defensa del copernicanismo. Empieza diciendo que hay determinadas cuestiones en las que todos los filósofos se han puesto de acuerdo, pero que él ha descubierto con su telescopio hechos que entran totalmente en colisión con sus creencias; en consecuencia, es necesario que cambien sus opiniones¹⁰⁵. Lo que parecía cierto ya no puede considerarse cierto. A lo que Galileo se dedica aquí (y bien pudiera decirse que lo está inventando) es lo que Shapin y Shaffer llaman «el juego del lenguaje del empirista», según el cual los «hechos se descubren en lugar de inventarse»¹⁰⁶. Esto es verdad; entonces el paso wittgensteiniano consiste, a criterio de sus seguidores, en mantener que no hay base para pensar que este juego tiene una mayor validez que cualquier otro, y entonces Galileo se vuelve no más razonable que los filósofos a los que se opone^{lxxix}. Y

¹⁰³ Feyerabend, *Against Method* (1975); Feyerabend, *Farewell to Reason* (1987).

¹⁰⁴ Wilson (ed.), *Rationality* (1970); y Hollis y Lukes (eds.), *Rationality and Relativism* (1982).

¹⁰⁵ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 5, 309-310.

¹⁰⁶ Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 67.

en este punto la historia de la ciencia de Wittgenstein se sitúa directamente en oposición a la narración del propio Galileo de lo que está haciendo realmente, y la *historia de la ciencia* se halla en conflicto directo con la *ciencia*^{lxxx}.

Cuando Shapin y Schaffer se refieren al «juego del lenguaje del empirista», como si solo fuera uno entre varios juegos del lenguaje igualmente válidos, suponen que no hay realidad fuera de los propios juegos del lenguaje que definen que es lo que cuenta como real; suponen que «los límites de mi lenguaje significan los límites de mi mundo»^{lxxxi}. Esto no puede ser cierto en ningún sentido absoluto; el telescopio de Galileo transformó el mundo de los astrónomos antes de que tuvieran nuevas palabras para lo que ahora podían ver... incluso antes de que tuvieran el término «telescopio». Al escribir sobre sus descubrimientos, Galileo no estaba obligado a escribir de una manera que los demás encontrarán desconcertante o incomprensible; era lo que decía lo que causó consternación, no la manera como lo decía. Pero, aunque los filósofos lo entendían perfectamente bien, algunos de ellos continuaban insistiendo en que lo que Galileo y otros astrónomos afirmaban ver no era posible que estuviera allí. El mundo de Galileo y su mundo tenían límites diferentes, aunque se comprendían perfectamente los unos a los otros. Los límites no los establecía su lenguaje, sino sus prioridades, su sentido de lo que era negociable y de lo que no lo era^{lxxxii}.

Quizá el telescopio pueda parecer un caso especial. Desde luego, nuestro mundo cambia cuando introducimos una nueva tecnología,

o vamos a algún lugar en el que nunca estuvimos antes. Pero cada día experimentamos cosas para las que no tenemos palabras, y en tales circunstancias nos quedamos sin palabras, o decimos que algo está «más allá de las palabras». Solo más tarde encontramos a veces las palabras (amor, aflicción, celos, desesperación) para lo que hemos estado sintiendo todo el tiempo. «No se le ocurrió —escribe Tolstói de Andréi—, que estaba enamorado de la Sra. Rostov». Y la cosa total y maravillosa de algunas experiencias (música, sexo, risa) es que no hay y nunca habrá palabras adecuadas que las describan. Esto no significa que no existan.

Pero aunque no es en absoluto siempre el caso de que «los límites de mi lenguaje sean los límites de mi mundo», hemos de reconocer que nuestro lenguaje suele determinar los límites de aquello sobre lo que podemos discutir y comprender con precisión. Las nubes no recibieron nombres hasta principios del siglo XIX; «cirro» y «nimbo» pueden parecer términos antiguos porque derivan del latín, pero los romanos no tenían nombres para los distintos tipos de nubes¹⁰⁷. Desde luego, mucho antes de que hubiera un lenguaje para las nubes, la gente las experimentaba más o menos como nosotros lo hacemos: solo hay que contemplar las marinas holandesas del siglo XVII para ver todos los tipos de nubes representados con todo detalle, aunque los pintores no tuvieran nombres para ellos. Es evidente que Robert Hooke vio nubes perfectamente claras cuando preguntaba: «¿Cuál es la razón de las distintas figuras de las nubes,

¹⁰⁷ Hamblyn, *The Invention of Clouds* (2001); y Gombrich, *Art and Illusion* (1960), 150-152.

onduladas, vellosas, nítidas, arrolladas, confusas, etcétera?»¹⁰⁸. Pero es perfectamente consciente que describir nubes se halla en el límite de sus capacidades lingüísticas. El dar nombre a las nubes fue un gran acontecimiento en la historia de la meteorología, después del cual fueron posibles una discusión y una comprensión mucho más serias.

Cuando estudiamos ideas, el cambio lingüístico es la clave para descubrir qué es lo que la gente entendía que sus predecesores no entendían. Una década antes de los descubrimientos telescópicos de Galileo, William Gilbert, el primer gran científico experimental de la nueva época, había reconocido: «A veces, por lo tanto, empleamos palabras nuevas e inusuales, y no porque mediante ridículos velos de vocabulario queramos esconder los hechos [*rebus*] con sombras y brumas (como los alquimistas acostumbran a hacer), sino porque cosas ocultas que no tienen nombre, porque nunca fueron percibidas hasta ahora, puedan ser enunciadas de manera clara y correcta»^{lxxxiii} ¹⁰⁹. Su libro empieza con un glosario para ayudar al lector a dar sentido a estas nuevas palabras. Posteriormente, unos meses después de que Galileo descubriera lo que llamamos «las lunas de Júpiter» (Galileo no las llama lunas, sino primero estrellas y después planetas), Johannes Kepler inventó una palabra nueva para estos nuevos objetos: eran «satélites»^{lxxxiv}. Así, es necesario que los historiadores que se toman el lenguaje en serio busquen la

¹⁰⁸ Hooke, *The Posthumous Works* (1705), 3.

¹⁰⁹ Gilbert, *On the Magnet* (1900), iii.

aparición de nuevos lenguajes, que han de representar transformaciones en lo que la gente puede pensar y en cómo han de conceptualizar su mundo^{lxxxv}.

Aquí es importante distinguir esta afirmación del argumento con el que se inició este capítulo. El historiador ha de aprender siempre el lenguaje que utilizaba la gente en el pasado, y siempre tiene que estar alerta ante los cambios en dicho lenguaje; esto no significa que necesite siempre emplear este lenguaje cuando escribe acerca del pasado. El término «satélite» de Kepler reconoce que Galileo había descubierto un nuevo tipo de entidad, pero para nosotros es perfectamente razonable decir que lo que Galileo había descubierto eran las lunas de Júpiter (una terminología que no emplearon ni Galileo ni Kepler: el uso más antiguo que puedo encontrar es de 1665 y por ello, hablando con propiedad, es anacrónico), en particular porque, para nosotros, las estrellas (el término de Galileo) son fijas, y los satélites (el término de Kepler) suelen ser objetos fabricados por el hombre y lanzados al espacio.

La historia reciente de la ciencia, con toda su charla de lenguajes y discursos, no ha dedicado la suficiente atención a la aparición en el siglo XVII de un nuevo lenguaje para hacer ciencia natural, un lenguaje que se discute en la parte tercera de este libro. De hecho, tan invisible ha sido este nuevo lenguaje que los mismos estudiosos que rechazan emplear el término «científico» para cualquier persona anterior a la segunda mitad del siglo XIX, hablan alegremente de «hechos», «hipótesis» y «teorías» como si se tratara de conceptos transculturales. Este libro pretende remediar este lapso

peculiar^{lxxxvi}. Podemos enunciar una de sus premisas básicas de manera muy simple: una revolución en las ideas requiere una revolución en el lenguaje. Así, es sencillo poner a prueba la afirmación de que hubo una Revolución Científica en el siglo XVII, buscando la revolución en el lenguaje que tuvo que acompañarla. La revolución en el lenguaje es, en efecto, la mejor evidencia que hubo realmente una revolución en la ciencia.

Existen algunas características del cambio lingüístico que vale la pena tener presentes a medida que avanzamos. Evidentemente (tal como ya hemos visto en los casos de las «artes» y las «ciencias»), a lo largo del tiempo los significados de las palabras cambian. Pero a menudo las palabras no solo cambian su significado, más bien adquieren nuevos significados, significados que a veces y en apariencia no están relacionados con su significado original. Hemos visto cómo el término «revolución» se emplea ahora en tantos sentidos diferentes que se produce una gran confusión en cuanto a si hay o no una Revolución Científica, dada la dificultad en distinguir tales sentidos entre sí. Cuando visito una filial local de mi banco, no pienso en este enorme negocio como la sucursal, ya que aquí «filial» es una metáfora muerta. Lo mismo ocurre con la palabra «volumen» cuando se usa en el contexto de medición: primero en francés y mucho después en inglés, «volumen» empezó a usarse para referirse no a un libro, sino al espacio ocupado por un objeto tridimensional. Si yo mido el volumen de una esfera, el lenguaje que empleo es una metáfora muerta.

Cuando escribimos acerca de «las leyes de la naturaleza», el término «leyes» también es usado en sentido metafórico. ¿Qué son las leyes de la naturaleza? Para comprender el tipo de contextos en los que se emplea la frase puede ayudar explorar sus orígenes; una tal exploración puede, al final, ayudarnos a entender por qué no hay una buena respuesta a la pregunta «¿Qué son las leyes de la naturaleza?» como no sea una explicación de cómo usamos la frase (en este caso, como dijo Wittgenstein, el significado es de hecho el uso). Así, en el Reino Unido tenemos una constitución no escrita. ¿Qué es una constitución no escrita? Cualquier respuesta decente estará llena de incógnitas y paradojas, pero necesitamos incluir un relato de cómo la idea de que los estados tienen constituciones se originó con Bolingbroke en 1735, y que la idea de una constitución *no escrita* distingue al Reino Unido de Estados Unidos y de Francia, los primeros países en tener constituciones escritas. De la misma manera que la idea de una constitución no escrita contiene en apariencia misterios irresolubles una vez que las constituciones escritas se convierten en la norma (¿cómo sabemos qué es una constitución no escrita?, ¿de dónde procede su autoridad?), así conceptos cruciales que utilizamos al discutir sobre ciencia («descubrimiento», o «leyes de la naturaleza») son intrínsecamente problemáticos, al menos para nosotros: la única manera de comprenderlos es recuperar su historia¹¹⁰. Mi argumento es que durante el siglo XVII la idea de la ciencia natural experimentó una

¹¹⁰ Tuck, *Natural Rights Theories* (1979), 1-2.

revisión fundamental, y hacia finales de aquel siglo la idea que había tomado forma era básicamente la que todavía tenemos. No afirmo que dicha idea fuera consistente o coherente; afirmo que tuvo éxito, que proporcionó un patrón para el descubrimiento de nuevo conocimiento y nuevas tecnologías^{lxxxvii}.

§ 6.

Gran parte de este capítulo se ha ocupado del lenguaje de la ciencia, tal como ocurrirá con gran parte del libro, pero el argumento del libro trata también e igualmente de lo que Leonardo denominó «la prueba de la experiencia». La primera generación de historiadores y filósofos que estudiaron la Revolución Científica restaron importancia a la nueva evidencia y los nuevos experimentos, e insistieron en que lo que realmente contaba era lo que Butterfield llamó «una transposición en la mente del propio científico». Los cimientos de la ciencia moderna eran, tal como Edwin Burtt había insistido ya en 1924, metafísicos¹¹¹. Según Koyré, «es el pensamiento, el pensamiento puro y no adulterado, y no la experiencia o la percepción sensorial... lo que confiere la base de la “nueva ciencia” de Galileo Galilei»¹¹². Así, lo que Koyré consideraba que era el concepto clave que hizo posible la nueva ciencia, el concepto de inercia, fue construido, sostenía, por Galileo al pensar

¹¹¹ Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* (1924).

¹¹² Butterfield, *The Origins of Modern Science* (1950), 5; Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* (1924) (sobre la cual, véase Daston, «History of Science in an Elegiac Mode», 1991); y Koyré, «Galileo and the Scientific Revolution of the Seventeenth Century» (1943), 346.

acerca de la experiencia cotidiana, por un simple experimento mental. Esto, en mi opinión, es confundir el efecto con la causa, poner cabeza abajo y de delante a atrás toda la historia de la nueva ciencia^{lxxxviii}. La Revolución Científica es precisamente acerca de nuevas experiencias y de nuevas percepciones sensoriales. Debería ser obvio que si todo lo que se requería para la Revolución Científica era una nueva manera de *pensar*, entonces sería imposible pensar por qué no tuvo lugar mucho antes del siglo XVII^{lxxxix}.

Pero ya hace treinta años que una segunda generación de historiadores y filósofos de la ciencia ha estado atacando la afirmación de que la Revolución Científica mejoró enormemente la capacidad de la humanidad para comprender la naturaleza; adoptando una perspectiva relativista, han sido reticentes a reconocer que Newton era superior a Aristóteles o a Oresme, aunque solo fuera en el sentido de que sus teorías hicieron posibles mejores predicciones y nuevos tipos de intervención. Sus argumentos han convencido a casi todos los antropólogos, prácticamente a todos los historiadores profesionales y a muchos filósofos. Pero son erróneos. Gracias a la Revolución Científica, tenemos un tipo de conocimiento mucho más fiable del que nunca tuvieron los filósofos antiguos y medievales, y lo llamamos «ciencia». Para la primera generación, la nueva ciencia estaba toda en la mente; para la segunda, era simplemente un juego de lenguaje. Estos dos debates, acerca de pensar y saber, se entrelazan porque ambas generaciones han restado importancia a la idea de que la nueva ciencia estaba basada en un nuevo tipo de compromiso con la realidad sensorial. Así,

ambas pasaron por alto su característica esencial: que empleaba sistemáticamente la prueba de la experiencia.

Porque los nuevos científicos de la segunda mitad del siglo XVII se hallaban en una posición muy distinta a la de sus predecesores clásicos, árabes y medievales. Poseían la imprenta (una invención del siglo XV cuyo impacto fue creciendo a lo largo del siglo XVII), que creó nuevos tipos de comunidad intelectual y transformó el acceso a la información; poseían una familia de instrumentos (telescopios, microscopios, barómetros), hechos todos a partir de vidrio, que actuaban como agentes del cambio; tenían una nueva preocupación con la prueba de la experiencia, que ahora había originado el método experimental; poseían una actitud nueva y crítica ante la autoridad establecida; y poseían un lenguaje nuevo, el lenguaje que ahora hablamos, que hacía mucho más fácil pensar nuevos pensamientos. Estos elementos diversos, que se apoyaban mutuamente y se entrelazaban, hicieron posible la Revolución Científica.

§ 7.

En 1748, Denis Diderot, el gran filósofo de la Ilustración, publicó, anónimamente, una novela erótica titulada *Les bijoux indiscrets* (*Los dijes indiscretos*) (aquí la palabra *dije* es un eufemismo para la vagina). Muy pronto, tal como tanto Diderot como su editor debieron de haber esperado confiadamente, fue prohibida y tuvo un éxito inmediato. El capítulo 29 se subtitula «Quizá el mejor, y el menos leído, de esta narración»; menos leído porque, excepcionalmente, en

él no hay sexo. Describe cómo el protagonista (el sultán Mangogul, una representación adulatora de Luis XV) tiene un sueño en el que vuela a espaldas de un hipogrifo hasta un enorme edificio suspendido en las nubes. Allí, una gran multitud de individuos deformes está reunida alrededor de un anciano en un púlpito hecho de telarañas; el anciano no dice nada, pero sopla burbujas. Todos están desnudos, excepto por algunos pedazos de tela situados aquí y allí en su cuerpo; son fragmentos de la toga de Sócrates, y descubrimos que nos hallamos en el templo de la filosofía. De repente,

vi en la distancia a un niño que caminaba hacia nosotros con pasos lentos pero seguros. Tenía una cabeza pequeña, un cuerpo delgado, brazos débiles y piernas cortas, pero sus extremidades se hacían cada vez más grandes a medida que avanzaba. A través de sus sucesivos incrementos de crecimiento, aparecía ante mí con muchos aspectos diferentes; lo vi dirigir un largo telescopio hacia el cielo, evaluar con ayuda de un péndulo la velocidad de un cuerpo que caía, establecer el peso del aire con un tubo lleno de mercurio, y descomponer la luz con un prisma en su mano. Se convirtió en un coloso enorme; su cabeza tocaba los cielos, sus pies se perdían en el abismo, y sus brazos se extendían de uno a otro polo. Con su mano derecha blandía una antorcha cuyos rayos se dispersaban en todas direcciones, iluminando las profundidades de las aguas y penetrando en las entrañas de la tierra.

El coloso golpea el templo, que se hunde, y Mangogul se mueve¹¹³. Antes de despertarse, Mangogul pregunta: «¿Qué es esta figura gigantesca?». La respuesta puede parecer obvia. Diderot escribe sobre la transformación del conocimiento que ahora denominamos Revolución Científica. Tal como veremos, Galileo había dirigido su telescopio hacia el cielo, Mersenne (siguiendo el ejemplo de Galileo) había medido con exactitud la velocidad de cuerpos que caían, Pascal había pesado el aire, Newton había descompuesto la luz con un prisma. La nueva ciencia destruía la antigua que enseñaban los filósofos. Pero el nombre de Diderot para este coloso recién nacido no es «ciencia», como cabría esperar. El término «ciencia» en francés no era y no es lo bastante específico para referirse a las nuevas ciencias de Galileo y Newton porque, como hemos visto, hubo y hay toda suerte de ciencias, incluyendo ahora las ciencias sociales. Incluso «ciencia natural» no sería adecuada, porque los filósofos siempre habían afirmado ser expertos en la ciencia natural, de modo que «ciencia natural» no serviría para distinguir la nueva ciencia de la antigua como tampoco lo haría «filosofía natural». En lugar de ello, Platón, que ha aparecido convenientemente para explicar qué es lo que ocurre, dice: «Reconoce la Experiencia, porque es ella»^{xc}. Y, aun así, ¿seguro que no hay nada nuevo acerca de la experiencia? ¿No es la experiencia algo que todos los seres humanos

¹¹³ Diderot, *The Indiscreet Jewels* (1993), 136.

tienen en común? ¿Cómo puede ser entonces «Experiencia» el nombre adecuado para las nuevas ciencias?

Para responder a esta pregunta, volveré al problema del que Diderot nos alerta cuando denomina «Experiencia» a su coloso: la dificultad de encontrar un lenguaje adecuado con el que describir la nueva ciencia, un problema que no es solo nuestro cuando intentamos comprenderlo, sino que más bien era una dificultad crucial para aquellos que lo inventaron, y también para los que, como Diderot, escribían para ensalzarlo. Aduciré, efectivamente, que la nueva ciencia no hubiera sido posible sin la construcción de un nuevo lenguaje con el que pensar, un lenguaje compuesto de manera improvisada necesariamente a partir de palabras y frases disponibles. Este lenguaje fue liderado en inglés, en que, por ejemplo «experiencia» y «experimento» empezaron a divergir en significado durante el siglo XVII. (Diderot, que empezó su carrera traduciendo libros del inglés al francés, estaba muy familiarizado con este nuevo lenguaje). Así, la *expérience* de Diderot puede traducirse al inglés, de manera no totalmente exacta, como «experimento» (un término que todavía no existe en francés), y de inmediato resulta aparente que «experimento» podría ser un término útil a la hora de describir la nueva ciencia, un término más útil, quizá, que «experiencia», aunque ya hemos visto que Leonardo identificó la experiencia como la clave para el conocimiento fiable. Podemos señalar con precisión el inicio de este proceso de construcción del lenguaje: empieza con una nueva palabra, que inauguró una transformación más amplia en el papel que la

experiencia tenía que desempeñar, la palabra «descubrimiento», que es un término que tiene equivalentes en todos los idiomas europeos. En las páginas que siguen veremos cómo la experiencia, en forma de observaciones y experimentos dirigidos a hacer descubrimientos, llegaron a ser algo nuevo en el siglo XVII; cómo esta nueva empresa del descubrimiento hizo posible la invención de la ciencia; y cómo esta nueva ciencia empezó a transformar el mundo, proceso que resultó en las modernas tecnologías de las que depende nuestra vida. Cuentan la narración del nacimiento de la ciencia, de su infancia, y de su transformación extraordinaria en el gran coloso bajo cuya sombra todos vivimos en la actualidad. Pero el peculiar capítulo de Diderot sirve asimismo como advertencia: con su marco del sueño, sus monstruos y sus alegorías, su carácter lingüístico escurridizo, expresa un sentido de dificultad. ¿Qué aspecto tendría una historia de la experiencia, de este nuevo tipo de experiencia?

Podría parecer que para nosotros sería mucho más fácil dar respuesta a esta pregunta de lo que fue para Diderot, porque todavía estaba atrapado en el triunfo del newtonismo (que llegó más tarde a Francia que a Inglaterra), mientras que nosotros tenemos todas las ventajas de verlo en retrospectiva. Pero Diderot tenía una gran ventaja sobre nosotros: al haberse graduado en la Sorbona en 1732, se había educado en el mundo de la filosofía aristotélica. Sabía lo traumática que había sido la destrucción de aquel mundo, porque la había experimentado de primera mano. Considerada a vista de pájaro (la visión del historiador), la Revolución Científica es un proceso largo y lento, que empezó con Tycho Brahe y terminó

con Newton. Pero para los individuos que se vieron atrapados en ella (para Galileo, Hooke, Boyle y sus colegas) representa una serie de transformaciones repentinas y urgentes. En 1735 Diderot, educado a la vieja manera, planeaba todavía convertirse en un sacerdote católico; en 1748, un poco más de una década después, era un ateo y un materialista, que ya trabajaba en la gran *Encyclopédie*, cuyo primer volumen apareció en 1751. Para él, la destrucción del templo de la filosofía no fue un acontecimiento histórico; fue una experiencia personal, el momento en el que despertó de una pesadilla.

Parte I

Los cielos y la tierra

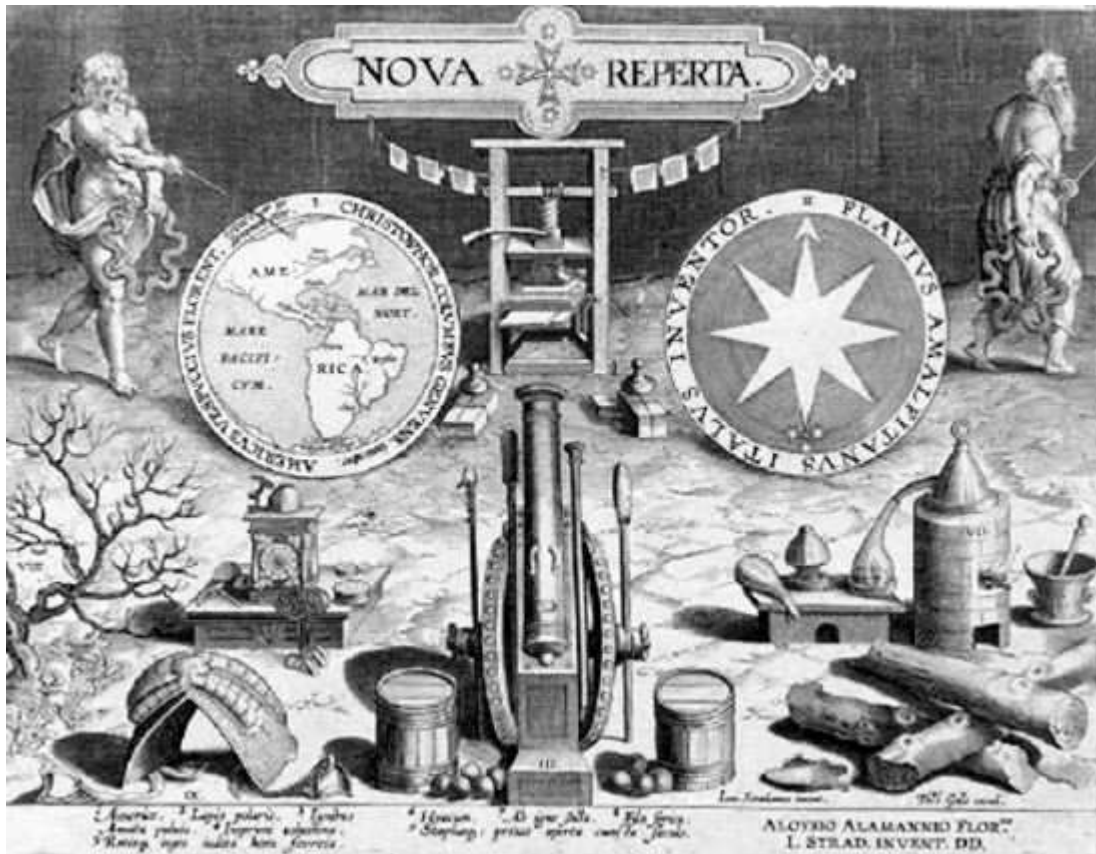
En realidad, ¿qué hay de más hermoso que el cielo, que desde luego contiene todas las cosas de la belleza?

Nicolás Copérnico, De revolutionibus (1543)¹¹⁴

Los dos capítulos de la primera parte abordan tres revoluciones intelectuales que transformaron la manera en la que se concebía el cosmos. La primera indica que antes de que Colón descubriera América en 1492 no había una idea clara y bien establecida de descubrimiento; la idea de descubrimiento es, como resultará aparente, una precondition para la invención de la ciencia. La segunda demuestra que el descubrimiento de América refutó una afirmación central acerca del mundo que se había aceptado de manera general antes de 1492, y era que no podía haber masas continentales antípodas, pues Sudamérica se halla a medio camino, al otro lado del globo, de partes del Viejo Mundo. Una consecuencia inmediata, por lo tanto, que es el tema del capítulo 4, era una transformación radical de la comprensión de cómo está construida la Tierra: la aparición del concepto del globo terráqueo. Esta era una precondition fundamental para la revolución astronómica que siguió. El capítulo sigue reconsiderando lo que Thomas Kuhn denominó la «revolución copernicana». Tal como veremos, la

¹¹⁴ Copérnico, *On the Revolutions* (1978), 7.

revolución copernicana se demoró hasta el siglo XVII: muy pocos astrónomos del siglo XVI aceptaron la afirmación de Copérnico de que la Tierra gira alrededor del sol en lugar de hallarse inmóvil en el centro del cosmos.



La portada de Nova reperta (c. 1591), de Johannes Stradanus, resume el conocimiento que delimita el mundo moderno en relación al antiguo. El puesto de honor se da al descubrimiento de América y a la invención de la brújula y, entre ellos, la imprenta. También están presentes la pólvora, el reloj, la tejeduría de la seda, la destilación y la silla de montar con estribos. (Rijksmuseum, Ámsterdam).

La revolución real en astronomía llegó con la nova de Tycho Brahe, con el abandono de la creencia en las esferas cristalinas y con la invención del telescopio. La fecha clave no es 1543, sino 1611.

Capítulo 3

La invención del descubrimiento

El descubrimiento es de lo que va la ciencia.

*N. R. Hanson, «An Anatomy of Discovery»,
1967¹¹⁵*

§ 1.

En la noche de 11 al 12 de octubre de 1492 Cristóbal Colón descubrió América. O bien Colón, en la *Santa María*, quien afirmó haber visto una luz que brillaba en la oscuridad unas horas antes, o bien el vigía de la *Pinta*, quien vio realmente tierra a la luz de la luna, fueron los primeros europeos desde los vikingos en ver el Nuevo Mundo¹¹⁶. Pensaron que la tierra a la que se acercaban formaba parte de Asia; de hecho, a lo largo de toda su vida (murió en 1506) Colón rehusó reconocer que las Américas fueran un continente. El primer cartógrafo que mostró las Américas como una extensa masa de tierra (todavía no como un continente) fue Martin Waldseemüller en 1507¹¹⁷.

Colón descubrió América, un mundo desconocido, cuando intentaba encontrar una nueva ruta a un mundo conocido, la China. Habiendo descubierto una nueva tierra, no tenía una palabra para describir lo que había hecho. Colón, que no tenía una educación formal, hablaba varios idiomas (italiano, portugués, castellano,

¹¹⁵ Hanson, «An Anatomy of Discovery» (1967), 352.

¹¹⁶ Colón, *The Journal* (2010), 35-36.

¹¹⁷ Lester, *The Fourth Part of the World* (2009).

latín) para complementar el dialecto genovés de su infancia, pero solo el portugués tenía un término (*descobrir*) para «descubrimiento», y lo había adquirido muy recientemente, solo desde que Colón había fracasado en su primer intento, en 1485, de conseguir el respaldo del rey de Portugal para su expedición.

La idea de descubrimiento es contemporánea de los planes de Colón para su expedición exitosa, pero Colón no podía apelar a ella porque escribía los relatos de su viaje no en portugués, sino en castellano y latín. Los verbos latinos que más se acercan son *invenio* (encontrar), *reperio* (obtener) y *exploro* (explorar), con los nombres resultantes *inventum*, *repertum* y *exploratum*. *Invenio* es usado por Colón para anunciar su descubrimiento del Nuevo Mundo; *reperio* por Johannes Stradanus para el título de su libro de grabados que ilustra nuevos descubrimientos (c. 1591); y *exploro* por Galileo para anunciar su descubrimiento de las lunas de Júpiter (1610 ¹¹⁸). En las traducciones modernas, estos términos se representan a menudo por la palabra «descubrimiento», pero esto enmascara el hecho de que en 1492 «descubrimiento» no era un concepto establecido. Más de cien años después, Galileo todavía necesitaba para expresarlo, cuando escribía en latín, emplear frases retorcidas como «desconocido de todos los astrónomos antes que yo»^{xci 119}.

¹¹⁸ Grafton, Shelford y otros, *New Worlds, Ancient Texts* (1992), 80; Galilei, *Le opere* (1890), vol. 3, 57; arriba, p. 56.

¹¹⁹ Galilei, *The Essential Galileo* (2008), 47; Giordano da Pisa: «Non é ancora venti anni che si trovò l'arte di fare gli occhiali, che fanno vedere bene, ch'è una de le migliori arti e de le piú necessaie che'l mondo abbia, e é così poco che ssi trovò: arte novella che mmai non fu. E disse il lettore: io vidi colui che prima la trovò e fece, e favellaigli» (citado de Ilardi, *Renaissance*

En todos los principales idiomas europeos pronto se adoptó el mismo uso metafórico de un término que significaba «destapar» para describir los viajes de descubrimiento. La delantera la tomaron los portugueses, que habían sido los primeros en dedicarse a viajes de exploración y que intentaron, en una serie de expediciones que se iniciaron en 1421, encontrar una ruta marítima a las islas de las especias de la India, y navegar bordeando la costa de África (y en el proceso demostraron, contrariamente a las doctrinas establecidas de las universidades, que las regiones ecuatoriales no son demasiado cálidas para la supervivencia humana). En portugués, el término «descobrir» ya se usaba en 1484 con el significado de «explorar» (probablemente como una traducción del latín *patefacere*, abrir, revelar). Sin embargo, en 1486 Fernão Dulmo propuso un tipo de empresa totalmente nuevo, un viaje al oeste a través del océano hacia lo desconocido para encontrar (*descobrirse ou acharse*, descubrir o encontrar) nuevas tierras (esto fue dos años después de que Colón hubiera propuesto navegar hacia el oeste para alcanzar la China¹²⁰). Probablemente el viaje nunca tuvo lugar, pero hubiera sido un viaje de descubrimiento más que de exploración. Dulmo no

Vision, 2007, 5); y Filarete: «Pippo di ser Brunelleschi inventò la prospettiva, la quale precedentemente non si era mai usata... Benché gli antichi fossero acuti e sottili, essi non conobbero la prospettiva» (citado de Camerota, *La prospettiva del Rinascimento*, 2006, 61).

¹²⁰ Sobre el significado de *descobrir*, Morison, *Portuguese Voyages to America* (1940), 5-10, 43 (el uso de 1484, traducido por Morison como «explorar»), 45-46 (1486, traducido por Morison como «descubrir»). Véase también Randles, «Le Nouveau Monde» (2000), 10, para la palabra *descubre* en español, que significa «descubrir» en 1499.

descubrió nada; pero su concepto de descubrimiento pronto tomaría vida propia^{xcii}.

El nuevo término empezó a extenderse por Europa con la publicación en 1504 de la segunda de dos cartas escritas (o supuestamente escritas) por Américo Vespucio, en la que describía sus viajes al Nuevo Mundo al servicio del rey de Portugal. Esta «Carta a Piero Soderini», escrita y publicada por primera vez en italiano, había aparecido en una docena de ediciones en 1516. En italiano empleaba *discoperio* nueve veces como una importación desde el portugués; la traducción al latín (basada en un intermediario francés que se ha perdido), publicada en 1507, utilizaba *discooperio* dos veces¹²¹. Este fue el primer uso de esta palabra en el sentido moderno de «descubrir»: *discooperio* existe en latín tardío (aparece en la Vulgata), pero solo con el significado de «desvelar». Al no existir en latín clásico, *discooperio* nunca se estableció como un término respetable; en cualquier caso, descubrimiento era un concepto tan nuevo que al principio necesitaba explicación. Vespucio explicaba amablemente que escribía acerca del hallazgo de un nuevo mundo «del que nuestros antepasados no hacían mención alguna»^{xciii}.

La nueva palabra se extendió casi tan rápidamente como las noticias del Nuevo Mundo. Fernão Lopes de Castanheda publicó *História do descobrimento e conquista da Índia* (es decir, el Nuevo Mundo) en 1551, que se tradujo de manera celeré al francés,

¹²¹ Caraci Luzzana, *Amerigo Vesputio* (1999), 321-383; texto en

italiano y castellano, y posteriormente al alemán e inglés, y que desempeñó un papel clave a la hora de consolidar el nuevo uso. Desde sus primeras apariciones en el título de libros podemos ver lo rápidamente que se estableció el término: holandés: 1524 (pero no lo haría de nuevo hasta 1652); portugués: 1551; italiano: 1552; francés: 1553; español: 1554; inglés: 1563; alemán: 1613.

Tabla de producción editorial

Estas son algunas cifras, en miles, de la producción de volúmenes individuales de libros impresos; necesariamente se trata solo de estimas refinadas. La revolución de la imprenta fue un proceso a muy gran escala, pero al mismo tiempo muy dilatado, que coincide claramente con la Revolución Científica (véase más adelante, «Este pequeño episodio demuestra claramente...»). En 1500 acababa de empezar a tomar velocidad:

1450-1500	1500-1550	1550-1600
12.589	79.017	138.427
1600-1650	1650-1700	1700-1750
200.906	331.035	355.073

(De Buringh y Van Zanden, «Charting the "Rise of the West"», 2009:418).

Si descubrimiento era nuevo con Vespucio, ¿acaso invención no lo era? En los siglos XVI y XVII la pólvora, la imprenta y la brújula eran las tres invenciones de la modernidad que se citaban con más

frecuencia para demostrar la superioridad de los modernos con respecto a los antiguos. Las tres son previas a Colón, pero no puedo encontrar ningún ejemplo de que sean citadas de esta manera antes de 1492¹²². Fue el descubrimiento de América lo que demostró la importancia de la brújula; a su debido tiempo parece que la imprenta y la pólvora hubieran sido consideradas asimismo de importancia revolucionaria, pero sucede que solo se reconocieron como revolucionarias en la época posterior a Colón. Y hay buenas razones para ello: se suele decir que la primera batalla cuyo resultado fue determinado por la pólvora fue la de Ceriñola en 1503, y la imprenta tuvo muy poco impacto antes de 1500.

Estamos tan acostumbrados a los diversos significados de la palabra «descubrimiento» que es fácil suponer que siempre significó aproximadamente lo mismo que significa hoy. «Acabo de descubrir que tengo derecho a una devolución de la renta», decimos. Pero «descubrir» en este sentido viene después de haber hablado sobre que Colón descubrió el Nuevo Mundo; son los viajes de descubrimiento los que dieron origen a este uso laxo de «descubrir» en el sentido de «encontrar», y este uso impreciso vino estimulado por la práctica de traducir *invenio* como «descubrir». El significado básico de «descubrimiento», después de 1492, no es solo un acto de desvelar o de encontrar: alguien que anuncia un descubrimiento está afirmando, al igual que Colón, que fue el primero en llegar allí, y que abrió el camino para todos los que seguirían. «Hemos

¹²² Véase, por ejemplo, Wolper, «The Rhetoric of Gunpowder» (1970)

descubierto el secreto de la vida», anunció Francis Crick a todo el mundo en el *pub* Eagle de Cambridge el 13 de febrero de 1953, el día en que Crick y James Watson descifraron la estructura del ADN¹²³. Los descubrimientos son momentos de un proceso histórico que se pretende que sea irreversible. El concepto de descubrimiento conlleva un nuevo sentido del tiempo, lineal en lugar de cíclico. Si el descubrimiento de América fue un accidente feliz, dio origen a otro accidente más notable todavía: el descubrimiento del descubrimiento^{xciv} 124.

Digo «más notable», porque es el descubrimiento mismo lo que ha transformado nuestro mundo, de una manera que simplemente localizando una nueva masa continental nunca podría hacer^{xcv}. Antes del descubrimiento se suponía que la historia se repetía y que la tradición proporcionaba una guía razonable para el futuro; y se creía que los mayores logros de la civilización no se hallaban en el presente, sino en el pasado, en la antigua Grecia y en la Roma clásica. Es fácil decir que nuestro mundo ha sido hecho por la ciencia o por la tecnología, pero el progreso científico y tecnológico depende de un supuesto previo, el supuesto de que hay descubrimientos por hacer^{xcvi}. La nueva actitud la resumió Louis Le

¹²³ Watson, *The Double Helix* (1968), 197.

¹²⁴ Sobre el descubrimiento del descubrimiento: Fleming (ed.), *The Invention of Discovery* (2011); y Margolis, *It Started with Copernicus* (2002), cap. 3, tampoco explora la nueva terminología. Sobre la curiosidad: Huff, *Intellectual Curiosity and the Scientific Revolution* (2011); Harrison, «Curiosity, Forbidden Knowledge» (2001); Ball, *Curiosity* (2012); Daston, «Curiosity in Early Modern Science» (1995); y Daston y Park, *Wonders and the Order of Nature* (1998), 303-328. Se encontrará un interesante relato de los fundamentos culturales de la ciencia moderna en Muraro, *Giambattista della Porta, mago e scienziato* (1978), 171-179.

Roy (o Regius [Regio], 1510-1577) en 1575 ¹²⁵. Le Roy, que era profesor de griego y había traducido la *Política* de Aristóteles, fue el primero en comprender por entero el carácter de la nueva época (cito la traducción de 1594):

Quedan más cosas para buscar que las que ya se han inventado y encontrado. Y no seamos tan simples que atribuyamos demasiado a los antiguos, que creamos que lo sabían todo, y que lo dijeron todo, sin dejar nada para que lo dijeran los que iban a venir después de ellos... No pensemos que la naturaleza les había concedido todos sus buenos dones, y que iba a ser estéril en los tiempos venideros. ¿Cuántos [secretos de la naturaleza] han sido conocidos y hallados primero en esta época? Yo digo: nuevas tierras, nuevos mares, nuevas formas de hombres, maneras, leyes y costumbres; nuevas enfermedades y nuevos remedios; nuevos modos del cielo, y del océano, que nunca se habían hallado antes, y se han visto nuevas estrellas. Sí, ¿y cuántas más quedan para que las conozca nuestra posteridad? Lo que ahora está oculto, con el tiempo quedará a la luz; y nuestros sucesores se maravillarán de que nosotros las ignoráramos¹²⁶.

Es esta suposición de que hay nuevos descubrimientos que hacer lo que ha transformado el mundo, porque ha hecho posible la ciencia y

¹²⁵ Bury, *The Idea of Progress* (1920), 44-49.

¹²⁶ Leroy, *Variety of Things* (1594), fol. 127rv. Sobre la filosofía histórica secular de Le Roy, véase Huppert, «The Life and Works of Louis Le Roy, by Werner L. Gundersheimer» (1968).

la tecnología modernas¹²⁷. (La idea de que existen «formas de hombres, maneras, leyes y costumbres» epresenta asimismo el nacimiento de la idea de un estudio comparado de sociedades, culturas o civilizaciones)¹²⁸.

El texto de Le Roy nos ayuda a distinguir acontecimientos, palabras y conceptos. Hubo descubrimientos geográficos antes de 1486 (cuando Dulmo cambió el significado del término *descobrir*), como el de las Azores, que tuvo lugar en algún momento alrededor de 1351, pero nadie pensó en dicho descubrimiento como tal; nadie se preocupó de registrar el suceso, por la simple razón de que nadie estaba muy interesado. Las Azores fueron redescubiertas más tarde, hacia 1427, pero el acontecimiento todavía parecía no ser importante, y no sobrevive ningún relato fiable. El supuesto aplicable era que no existía tal cosa como conocimiento nuevo; de la misma manera que cuando recojo una moneda que ha caído en la calle sé que ha pertenecido a alguien antes de mí, los primeros marinos del Renacimiento que llegaron a las Azores habrían supuesto que otros habían estado allí antes que ellos. En el caso de las Azores esto era erróneo, mientras que era correcto en el caso de Madeira, descubierta (o más bien redescubierta) por la misma época, porque era conocida de Plinio y Plutarco. Pero nadie creyó que el descubrimiento de Colón de (como él pensaba) una nueva ruta a Asia fuera insignificante; hubo debates acerca de si América

¹²⁷ Para una declaración firme del principio del progreso en el conocimiento basado en los nuevos descubrimientos geográficos, véase Piccolomini, *De la sfera del mondo* (1540), 39v.

¹²⁸ Debo esta idea a Stuart Carroll.

era o no una tierra previamente desconocida, pero nadie afirmó que algún marino griego o romano hubiera hecho el viaje hacia el oeste antes de Colón. (Había una explicación evidente: griegos y romanos carecían de la brújula, de manera que eran reacios a navegar lejos de la vista de tierra). Así, Colón sabía que estaba haciendo un descubrimiento, de una nueva ruta si no de una nueva tierra; los descubridores de las Azores no lo sabían.

Aunque ya había maneras de decir que algo se había encontrado por primera vez y que nunca se había encontrado antes (y, de hecho, la gente continuaba basándose en dichas frases para expresar «descubrimiento» cuando escribía en latín), era muy insólito antes de 1492 para quien quisiera decir algo de esta forma, porque el supuesto generalizado era que «no se hace nada nuevo bajo el sol» (Eclesiastés 1,9^{xcvii}). La introducción de un nuevo significado para *descobrir* implicaba un cambio radical de perspectiva y una transformación de cómo la gente entendía sus propias acciones. Puede decirse con propiedad que no hubo viajes de descubrimiento antes de 1486, solo viajes de exploración. El descubrimiento era un nuevo tipo de empresa que apareció junto con el término.

Un interés fundamental de la historia de las ideas, de la que la historia de la ciencia forma parte, tiene que ser el cambio lingüístico. Por lo general, el cambio lingüístico es un marcador crucial de una modificación de la manera en que la gente piensa: facilita dicho cambio y, a la vez, facilita que lo reconozcamos. En ocasiones, centrarse en una alteración lingüística puede hacernos

pensar erróneamente que ha ocurrido algo importante, cuando no es así, o que algo ocurrió en un momento determinado, cuando en realidad ocurrió antes. No hay una regla sencilla: cada caso ha de examinarse en función de sus méritos^{xcviii}. Tomemos la palabra *boredom*^{xcix}. ¿Padecía la gente de aburrimiento antes de que la palabra se introdujera en 1829¹²⁹? A buen seguro lo padecían: tenían el nombre *ennui* (1732), el nombre *bore* (1766) y el verbo *to bore* (1768). Shakespeare tenía la palabra «tediosidad». «Aburrimiento» es una palabra nueva, no un concepto nuevo, y ciertamente no una nueva experiencia (aunque pudo haber sido una experiencia mucho más frecuente en la época de Dickens que en la época de Shakespeare y, mientras que *ennui* se consideraba una palabra peculiarmente francesa, *boredom* era ciertamente inglesa). Otros casos son un poco más complicados. El término «nostalgia» se creó (en latín) en 1688 como una traducción del alemán *Heimweh* (añoranza, nostalgia, morriña). Aparece por primera vez en inglés en 1729, mucho antes que *homesick* y *homesickness*. Los franceses habían tenido *la maladie du pays* al menos desde 1695. ¿Era nueva la nostalgia? Lo dudo, aunque no hubiera término para ella; lo nuevo era la idea de que se trataba de una enfermedad potencialmente fatal que requería intervención médica¹³⁰. Es la ausencia de una regla simple, combinada con el hecho de que hay

¹²⁹ 1829 procede de una búsqueda en Google Books; el *OED* indica 1853.

¹³⁰ Sobre *nostalgia*, véase el *OED*. Para el primer uso en inglés: Harle, *An Historical Essay on the State of Physick in the Old and New Testament* (1729) (el *OED* indica 1756); para un uso temprano en francés de *maladie du pays*, Constantini, *La Vie de Scaramouche* (1695).

mucho cambio lingüístico que consiste en dar nuevos significados a palabras antiguas, lo que explica por qué algunos de los acontecimientos intelectuales más importantes se han hecho invisibles: tendemos a suponer que descubrimiento, como aburrimiento, han estado siempre aquí, aunque en algunas épocas haya más descubrimientos que en otras; suponemos que las palabras son nuevas, pero no los conceptos que hay tras ellas. Esto es cierto en «aburrimiento», pero en el caso de «descubrimiento» es un error.

Algunas actividades dependen del lenguaje. No se puede jugar al ajedrez si no se saben las reglas, de modo que no se puede jugar al ajedrez si no se tiene algún tipo de lenguaje en el que poder expresar, por ejemplo, el concepto de «jaque mate». No importa cuál sea exactamente este lenguaje: un roque es exactamente la misma pieza si la llamamos una torre, de la misma manera que un *frisbi* era la misma cosa cuando se llamaba Pluto Platter. En ausencia de la palabra «roque» se puede emplear algún tipo de frase, como «la pieza que empieza en una de las cuatro esquinas», de la misma manera que se puede llamar a un *frisbi* un disco volador, pero nos resultaría muy incómodo seguir empleando frases como estas y pronto sentiríamos la necesidad de un término especializado. Las palabras individuales y las frases más largas pueden hacer la misma tarea, pero las palabras individuales suelen hacerla mejor. Y la introducción de una nueva palabra, o de un nuevo significado para una palabra antigua, suele señalar el punto en el que un concepto entra en el uso general y empieza a hacer trabajo real.

Puesto que no se puede jugar al ajedrez sin saber que se está jugando, con independencia de cómo se denomine el juego, jugar al ajedrez es lo que se ha llamado «un concepto de actor» o «un juicio de actor»: hay que tener el concepto con el fin de ejecutar la acción¹³¹. Suele ser difícil calcular dónde poner límites cuando se trata con conceptos de actor. Es evidente que uno puede experimentar *Schadenfreude*, el placer malicioso ante las desgracias de los demás, sin tener una palabra para ello, de modo que *Schadenfreude* no era una palabra nueva cuando entró en el idioma inglés^c a finales del siglo XIX; pero disponer de la palabra hizo que fuera mucho más fácil reconocer, describir y discutir dicha sensación. Condujo a la gente a una nueva comprensión de la motivación humana: la palabra y el concepto van de la mano. De la misma manera, a buen seguro la gente se sintió avergonzada^{ci} por encuentros sociales embarazosos antes de que el término «embarrass», que originalmente significaba ‘impedir’ u ‘obstaculizar’,^{cii} adquiriera un nuevo significado en el siglo XIX, pero la gente era mucho más consciente de la vergüenza una vez que tuvo una palabra para esta sensación. Solo entonces empezaron los niños a sentir vergüenza de sus padres. *Schadenfreude* y «vergüenza» no son totalmente conceptos de actor, en el sentido de que podemos experimentarlos sin tener una palabra por lo que estamos sintiendo, pero las palabras son herramientas intelectuales

¹³¹ He tomado el término de Dunn, *Modern Revolutions* (1972), 226; para los temas subyacentes, Skinner, *Visions of Politics*, vol. 1 (2002), 128-144; y Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 14.

que nos permiten discutir estados emocionales sin las cuales nos sería difícil hablar de ellos, y en realidad, tener las palabras nos hace mucho más fácil experimentar e identificar los estados emocionales de una forma pura y sin ambigüedades.

Así, aunque antes de 1486 hubo descubrimientos e invenciones, la invención y la diseminación de un término para «descubrimiento» señala un momento decisivo, porque hace de descubrimiento un concepto de actor: podemos disponernos a hacer descubrimientos, sabiendo lo que estamos haciendo. Le Roy ataca la idea de que todo lo que vale la pena decir ya se ha dicho y que todo lo que nos queda por hacer es explicar y resumir las obras de nuestros predecesores, y anima a sus lectores a hacer nuevos descubrimientos: «Aconsejando a los estudiosos que añadan esto por sus propias invenciones, que es lo que falta en las ciencias; que hagan para la posteridad lo que la Antigüedad ha hecho por nosotros; y al final, que no se pierda el conocimiento, sino que día a día reciba algún incremento»¹³².

Vale la pena detenerse un momento en el vocabulario de Le Roy: utiliza frecuentemente *inventer* y *l'invention*; escribe acerca de «cuántas cosas maravillosas [como la imprenta, la brújula y la pólvora] desconocidas de la Antigüedad se han encontrado recientemente»; pero también emplea el término *decouvremens*, traducible inmediatamente como «descubrimientos»: «decouvremens de terres neuves incogneuës à l'antiquité»; «Des navigations &

¹³² Leroy, *Variety of Things* (1594), sig. A4v.

decouvremens de país»; la verdad, dice, no ha sido «entièrement decouverte»¹³³. En su uso, el significado del término no se ha alejado todavía de su referencia original a los viajes de descubrimiento. ¿Necesitaba la palabra para formular su argumento? Quizá no. Lo que necesitaba era el ejemplo de Colón, que para él era, como entonces era para todos, la prueba de que la historia humana no era simplemente una historia de repeticiones y vicisitudes; que podía convertirse (que se hallaba en el proceso de convertirse) en una historia de progreso.

§ 2.

Afirmar que descubrimiento era nuevo en 1492, cuando Colón descubrió América (o en 1486, cuando Dulmo hablaba de hacer descubrimientos; o en 1504, cuando Vespucio diseminó la nueva palabra por Europa) puede parecer totalmente equivocado. Después de todo, el docto humanista Polidoro Virgilio publicó en 1499 un libro, *De inventoribus rerum* («Sobre los inventores»), que se ha traducido recientemente bajo el título *On Discovery*, y que a primera vista parece una historia del descubrimiento a través de las distintas épocas¹³⁴. El libro de Virgilio tuvo un éxito enorme, y apareció en cerca de cien ediciones¹³⁵. La pregunta que Virgilio se plantea una y otra vez es: «¿Quién inventó...?»; y recorre una cadena

¹³³ Leroy, *De la vicissitude* (1575), «Sommaire de l'oeuvre».

¹³⁴ Vergil, *On Discovery* (2002); Copenhaver, «The Historiography of Discovery in the Renaissance» (1978); y Atkinson, *Inventing Inventors in Renaissance Europe: Polydore Vergil's «De inventoribus rerum»* (2007).

¹³⁵ Hay, *Polydore Vergil* (1952), 74.

de temas aparentemente sin fin, como el lenguaje, la música, la metalurgia, la geometría. Casi en todos los casos encuentra una serie de respuestas diferentes a su pregunta en sus fuentes pero, en resumen, su argumento es que los romanos y los griegos atribuyen la mayoría de invenciones a los egipcios, de los que fueron adquiridos por griegos y romanos; mientras que los judíos y los cristianos insisten en que el conocimiento de los egipcios procede de los judíos, ante todo de Moisés. (Si Virgilio hubiera consultado autoridades islámicas, habría encontrado coincidencia en que todo el saber procedía de los judíos, pero que la figura clave identificada era Enoc y no Moisés)¹³⁶.

Hay diversos rasgos sorprendentes en la exhibición de erudición de Virgilio. Está interesado en los primeros fundadores, más que en el desarrollo a largo plazo de una disciplina. De modo que prácticamente no tiene nada que decir acerca del progreso^{ciii}. Cuando trata de la filosofía y de las ciencias, Virgilio no identifica contribuciones importantes de los musulmanes: Avicena (980-1037) es el único musulmán mencionado, y ni siquiera se atribuye el mérito a los árabes por los números arábigos. Ni de los cristianos: casi todo lo que es importante ocurrió hace mucho tiempo. Sí menciona, ciertamente, un pequeño número de invenciones modernas (los estribos, la brújula, los relojes, la pólvora, la imprenta), pero no tiene casi nada que decir acerca de nuevas observaciones, nuevas explicaciones o nuevas pruebas. Aristóteles

¹³⁶ Zhmud, *The Origin of the History of Science* (2006), 299-301.

es reconocido como innovador únicamente porque tenía la primera biblioteca, Platón porque dijo que Dios hizo el mundo, Esculapio porque inventó la extracción de muelas, Arquímedes porque fue el primero en hacer un modelo mecánico del cosmos. Hipócrates de Quíos se incluye no porque escribiera el primer manual de geometría, sino porque se dedicó al comercio. No se menciona a Euclides, Ptolomeo es mencionado solo como geógrafo, no como astrónomo, y Herófilo (el antiguo anatomista) solo por haber comparado los ritmos del pulso a medidas musicales. Si empleamos el término «descubrimiento» con significado diferente al de «invenciones» (y, desde luego, Virgilio tenía solo una palabra, *inventiones*, para cubrir ambos significados), únicamente hay dos descubrimientos en Virgilio: la explicación de Anaxágoras de los eclipses y la comprensión de Parménides de que la estrella vespertina y la estrella matutina son la misma estrella. (No podemos extender realmente la categoría de descubrimiento para que incluya, por ejemplo, la afirmación de que la sangre de una tórtola, paloma torcaz o golondrina es la mejor cura para un ojo morado, aunque algunos relativistas culturales aducirían que deberíamos hacerlo).

Estos descubrimientos se incluyen puramente por accidente, porque el modelo de Virgilio es un largo capítulo de la *Historia natural* de Plinio (c. 78 EC) titulado «Sobre los primeros inventores de diversas cosas», que lista numerosas invenciones (el arado, el alfabeto), entre las que incluye algunas «ciencias» (astrología y medicina) y algunas tecnologías (la ballesta), pero ni un solo descubrimiento específico. El teorema de Pitágoras (que Virgilio solo insinúa vagamente al

discutir el cuadrado de los arquitectos), el principio de Arquímedes, los descubrimientos anatómicos de Erasístrato... se podría compilar una larga lista de todo lo que falta tanto en Plinio como en Virgilio y se podría haber incluido si alguno de ellos se hubiera interesado por el descubrimiento, en oposición a la primera vez que se encontró algo, o a la invención, o a la innovación. Hay una prueba sencilla para la afirmación de que no hay descubrimiento en Virgilio: en las tres traducciones al inglés del período moderno temprano, la palabra «descubrir» aparece en sentido relevante solo una vez: «Oresto, hijo de Dencalión, descubrió la vid en el monte Etna, en Sicilia» (1686 ¹³⁷). Ni que decir cabe que Virgilio no hace mención a los viajes de descubrimiento contemporáneos, aunque siguió revisando su texto hasta 1553.

De modo que en la antigua Roma, cuyos textos Polidoro Virgilio conocía excepcionalmente bien, y en el Renacimiento antes de 1492, no existía el concepto de «descubrimiento»^{civ}. Sin embargo, los antiguos griegos sí poseían el concepto (empleaban términos relacionados con *eureka*: *heuriskein*, *eurisis*; palabras que pueden significar «invención» o «descubrimiento»), y desarrollaron un género literario sobre la invención: heurematografía^{cv}. Eudemo (c. 370-300 AEC) escribió historias de la aritmética, la geometría y la astronomía. No sobreviven, excepto en la medida en que fueron citadas en obras posteriores; la historia de la geometría fue una

¹³⁷ Vergil, *A Pleasant and Compendious History* (1686), 149. Véase también Vergil, *An Abridgement* (1546); y Vergil, *The Works* (1663).

fueron importantes para Proclo (412-485), cuyo comentario al Libro I de Euclides se imprimió por primera vez (sobre la base de un manuscrito defectuoso) en el griego original en 1533, y después en una traducción latina muy superior en 1560. Por ejemplo, Proclo atribuye a Pitágoras el descubrimiento del teorema que ahora llamamos «teorema de Pitágoras», y a Menelao el teorema que es el fundamento matemático de la astronomía ptolemaica. Si Virgilio hubiera tenido la oportunidad de leer a Proclo, algo de esto podría haber aparecido en su texto, pero es improbable que hubiera absorbido el concepto de descubrimiento. Gran parte de la cultura griega había sido asimilada por los romanos, pero estos habían encontrado indigerible el concepto de descubrimiento, y es improbable que Virgilio, educado para pensar como un romano, hubiera dado una respuesta diferente^{cvi}.

§ 3.

Polidoro Virgilio fue uno de los principales humanistas del siglo XVI, época en la cual una educación humanista (es decir, una educación en latín escrito como un romano clásico) era ampliamente aceptada como la mejor manera de introducir a los jóvenes en el mundo del conocimiento, porque proporcionaba habilidades que se podían transferir fácilmente a la política y a los negocios. Pero en las universidades, en oposición a las aulas, la erudición humanista no era la preocupación fundamental. Desde finales del siglo XI hasta mediados del siglo XVIII hubo una continuidad fundamental en la enseñanza de las universidades en toda Europa: la filosofía era el

tema básico en el plan de estudios, y la filosofía que se enseñaba era la de Aristóteles^{cvii}. La filosofía natural de Aristóteles se encontraría en cuatro textos: su *Physica* («Física»), *De caelo* (*Acerca del cielo*), *De generatione et corruptione* («Acerca de la generación y la corrupción») y *Meteorologica* («Meteorología»), y lo que pensamos de ellos como materias científicas se abordaron básicamente mediante comentarios a dichos textos¹³⁸.

Aristóteles creía que el saber, incluida la filosofía natural, debería ser de carácter fundamentalmente deductivo. De la misma manera que la geometría empieza a partir de premisas indiscutibles (una línea recta es la distancia más corta entre dos puntos) para llegar a conclusiones sorprendentes (el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados), así la filosofía natural debe partir de premisas indiscutibles (los cielos no cambian nunca) y extraer conclusiones de ellas (la única forma de movimiento que puede proseguir indefinidamente sin cambiar es el movimiento circular, de modo que todo movimiento en los cielos ha de ser circular). Idealmente, sería posible formular todos los argumentos científicos en términos silogísticos, siendo un silogismo, por ejemplo:

Todos los hombres son mortales.

Sócrates es un hombre.

De manera que Sócrates es mortal.

¹³⁸ Para una introducción, Bodnár, «Aristotle's Natural Philosophy» (2012); también Kuhn, *The Road since Structure* (2000), 15-20.

Aristóteles explicaba los procesos naturales en términos de cuatro causas: formal, final, material y eficiente. Así, si construyo una mesa, la causa formal es el diseño que tengo en mente; la causa final es mi deseo de tener algún sitio en el que comer mis comidas; la causa material son varias piezas de madera; y las causas eficientes son una sierra y un martillo. Aristóteles pensaba acerca del mundo natural exactamente de la misma manera: es decir, lo veía como el producto de actividad racional e intencional. Las entidades naturales buscan realizar su forma ideal: están orientadas a objetivos (la filosofía natural de Aristóteles es teleológica; el término griego «telos» significa «objetivo» o «fin»). Así, un renacuajo tiene la forma de una rana juvenil, y su objetivo, su causa final, es convertirse en una rana adulta. De manera algo sorprendente, los mismos principios son de aplicación a la materia inanimada, como veremos.

Aristóteles sostenía que el universo está construido de cuatro elementos. Los cielos están hechos de éter, o quintaesencia, que es translúcido e inmutable, ni caliente ni frío, ni seco ni húmedo. Los cielos se extienden hacia fuera desde la Tierra, que se halla en el centro del universo, como una serie de esferas materiales que portan la luna, el sol y los planetas, y después, por encima de todos ellos, está el firmamento estrellado. Así, el universo es esférico y finito; además, está orientado: tiene una parte superior, una inferior, una izquierda y una derecha. Aristóteles nunca piensa en términos de espacio en abstracto (como ya hacían los geómetras),

sino siempre en términos de lugar. Negó la posibilidad misma de un espacio vacío, un vacío. El espacio vacío era una contradicción en los términos.

El mundo sublunar, el mundo a este lado de la luna, es el mundo de la generación y la corrupción; el resto del universo ha existido invariable durante toda la eternidad. En nuestro mundo hay cuatro cualidades primarias (caliente y frío, húmedo y seco), y a cada uno de los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) le corresponde un par de cualidades; la tierra, por ejemplo, es fría y seca. Estos elementos se disponen naturalmente en esferas concéntricas hacia fuera desde el centro del universo. Así, toda la tierra busca caer hacia el centro del universo, y todo el fuego busca elevarse hasta el límite de la esfera de la luna; pero el agua y el aire a veces buscan ir hacia abajo, y a veces hacia arriba: Aristóteles no tiene idea de un principio general de gravedad.

Un renacuajo es en potencia una rana, y a medida que crece se desarrolla desde la potencialidad hasta la realidad. El elemento tierra se halla potencialmente en el centro del universo, y mientras cae hacia dicho centro realiza su potencial. Toda agua es potencialmente parte del océano que rodea la tierra: en un río fluye cuesta abajo con el fin de realizar su potencial. El agua tiene peso cuando se la saca de su lugar apropiado: intentemos levantar un cubo lleno de agua de un estanque. Pero cuando se encuentra en su lugar adecuado carece de peso: cuando nadamos en el océano no podemos sentir sobre nosotros el peso del agua. Así, Aristóteles no piensa en el movimiento natural de los elementos como un

movimiento a través del espacio; lo entiende en términos teleológicos como la realización de un potencial. Es esencialmente un proceso cualitativo, no cuantitativo^{cviii}.

Ocasionalmente, Aristóteles sí que menciona cantidades. Así, dice que si tenemos dos objetos pesados, el que es más pesado caerá más deprisa que el más ligero, y que si el pesado es dos veces más pesado caerá dos veces más rápido. Pero no está lo bastante interesado en las cantidades implicadas para pensar en esto más detenidamente. ¿Quiere decir que si tenemos una bolsa de azúcar de un kilo de peso y una bolsa de azúcar de dos kilos de peso, la bolsa de dos kilos caerá dos veces más rápido que la bolsa de un kilo? ¿O solo quiere decir que si tenemos un cubo hecho de un material pesado, pongamos que de caoba, y otro del mismo tamaño hecho de un material más ligero, pongamos que de pino, que si uno es el doble de pesado que el otro, caerá dos veces más rápido? Las dos afirmaciones son muy diferentes, pero Aristóteles no distingue nunca entre ellas, ni pone a prueba su afirmación de que los objetos pesados caen más rápido que los livianos, porque considera que ello es cierto de manera evidente.

Aristóteles distinguía perfectamente entre filosofía (que proporcionaba explicaciones causales) y matemáticas (que simplemente identificaba pautas). La filosofía nos dice que el universo consiste en esferas concéntricas; las pautas reales que efectúan los planetas al moverse a través de los cielos es un tema de la astronomía, que es una rama de las matemáticas. La astronomía y las demás disciplinas matemáticas (geografía, música, óptica,

mecánica) tomaron sus principios fundacionales de la filosofía, pero elaboraron dichos principios mediante razonamiento matemático aplicado a la experiencia. Así, Aristóteles distinguía claramente entre la física (que es parte de la filosofía y es deductiva, teleológica y que se ocupa de la causación) y la astronomía (que es parte de las matemáticas, y meramente descriptiva y analítica).

Aristóteles fue notable por sus exploraciones de fenómenos naturales, y estudió, por ejemplo, el desarrollo del embrión de pollo dentro del huevo. Pero cuando fue adoptado en las universidades de la Europa medieval y renacentista, sus obras se convirtieron en un manual de saber adquirido y no en un proyecto para provocar más indagaciones. Se llegó a poner en duda la posibilidad misma de nuevo conocimiento, y se suponía que todo lo que era necesario saber iba a encontrarse en Aristóteles y en la rica tradición de comentarios a sus textos. El Aristóteles de las universidades no era, pues, el Aristóteles real, sino uno adaptado para que proporcionara un programa educativo en el seno de un mundo en el que se consideraba que la disciplina más importante era la teología. De la misma manera que la teología se efectuaba en forma de un comentario sobre la Biblia y los Padres de la Iglesia, así la filosofía (y dentro de la filosofía, la filosofía natural, el estudio del universo) se efectuaba en forma de un comentario sobre Aristóteles y sus comentaristas. Así, el estudio de la filosofía se veía como una preparación para el estudio de la teología, porque ambas disciplinas trataban de la explicación de textos de las autoridades^{cix}.

¿Qué significaba esto, en la práctica? Aristóteles adoptó la idea de que las sustancias más duras son más densas y pesadas que las más blandas; de ahí se seguía que el hielo es más pesado que el agua. ¿Por qué flota? Debido a su forma: los objetos planos no pueden penetrar en el agua y permanecen en la superficie. De ahí que una lámina de hielo flote en la superficie de un estanque. Los filósofos aristotélicos seguían enseñando alegremente esta doctrina en el siglo XVII, a pesar del hecho de que había dos dificultades evidentes. Era incompatible con las enseñanzas de Arquímedes, de las que se disponía en latín desde el siglo XII, y que indicaban que los objetos solo flotan si son más ligeros que el agua que desplazan. Los matemáticos seguían a Arquímedes; los filósofos seguían a Aristóteles. Además, en gran parte de Europa era fácil disponer de hielo: en Florencia, por ejemplo, era aportado desde los Apeninos durante todo el verano con el fin de mantener el pescado fresco. El experimento más elemental demostrará que el hielo flota, con independencia de su forma. Los filósofos, seguros de que Aristóteles siempre estaba en lo cierto, no veían la necesidad de poner a prueba sus afirmaciones¹³⁹.

Esta indiferencia hacia lo que llamaremos los hechos la ejemplifica Alejandro Achillini (1463-1512), un filósofo superestrella, el orgullo de la Universidad de Bolonia¹⁴⁰. Era seguidor del comentarista musulmán Averroes (1126-1198), quien intencionadamente evitó

¹³⁹ Véase abajo, 315-317, 530-531.

¹⁴⁰ Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (1923), vol. 5, 37-49.

introducir categorías religiosas en la interpretación de Aristóteles, y así negó implícitamente la creación del mundo y la inmortalidad del alma. La brillantez de Achillini y el carácter transgresivo de su pensamiento se resumían en una máxima popular: «Es o bien el diablo, o bien Achillini»¹⁴¹. En 1505 publicó un libro sobre la teoría de los elementos de Aristóteles, *De elementis*, en el que discutía una cuestión que hacía tiempo que los filósofos debatían: si la región del ecuador sería demasiado cálida para que allí pudieran habitar los humanos. Citaba a Aristóteles, Avicena y Pedro de Abano (1257-1316), y concluía: «Sin embargo, que en el ecuador los higos crecen durante todo el año, o que allí el aire es de lo más templado, o que los animales que allí viven tienen constituciones templadas, o que el paraíso terrenal se encuentre allí, estas son cosas que la experiencia natural no nos revela»¹⁴². En lo que a Achillini se refiere, la pregunta de si en el ecuador crecen higos era tan difícil de contestar como la pregunta de dónde se hallaba situado el Jardín del Edén, y ninguna de ellas era una pregunta para un filósofo.

Pero sucede que los portugueses, en su búsqueda de una ruta oceánica hasta las islas de las especias, que implicaba navegar hacia el sur a lo largo de la costa de África, habían alcanzado el ecuador en 1474-1475 y el cabo de Buena Esperanza en 1488. En 1505 ya había mapas que mostraban los nuevos descubrimientos. Al año siguiente, Juan de Glogovia, un profesor de Cracovia, señaló

¹⁴¹ Westman, *The Copernican Question* (2011), 99.

¹⁴² Thorndike, *Science and Thought in the Fifteenth Century* (1929), 209 (traducción modificada). Thorndike no había visto la primera edición: Achillini, *De elementis* (1505), 84v-85r.

(en una obra matemática y no filosófica) que la isla de Taprobane (Sri Lanka) se hallaba muy cerca del ecuador, y era populosa y próspera¹⁴³. La experiencia había dejado de ser algo invariable, idéntico a lo que Aristóteles conocía, pero Achillini no estaba preparado profesionalmente para esta situación, aunque también daba lecciones de anatomía, la más empírica de todas las disciplinas universitarias.

Hacia 1505 era necesario repensar la relación entre experiencia y filosofía, pero Achillini era incapaz de entender el problema¹⁴⁴. En cambio, el libro sobre los elementos del cardenal Gasparo Contarini, publicado póstumamente en 1548, explicaba que Aristóteles, Avicena y Averroes habían negado que el ecuador fuera habitable: «Esta cuestión, que durante muchos años se debatía entre los grandes filósofos, la experiencia la ha resuelto en nuestros días. Porque a partir de esta nueva navegación de los españoles y especialmente de los portugueses se ha descubierto que hay habitación bajo el círculo equinoccial y entre los trópicos, y que en estas regiones viven pueblos innumerables...»¹⁴⁵.

Para Contarini, la experiencia había adoptado un nuevo tipo de autoridad. Murió en 1542, el año antes de la publicación de *De revolutionibus orbium coelestium* de Copérnico y de *De humani corporis fabrica* («Sobre la estructura del cuerpo humano») de

¹⁴³ Thorndike, *Science and Thought in the Fifteenth Century* (1929), 209.

¹⁴⁴ Véase la argumentación ampliada de que la experiencia ha de tener precedencia sobre la autoridad, especialmente en cuestiones de geografía, en Piccolomini, *Della grandezza della terra et dell'acqua* (1558), 7v-10r.

¹⁴⁵ Thorndike, *Science and Thought in the Fifteenth Century* (1929), 210.

Vesalio. Todavía no era aparente que, una vez que se aceptó que la experiencia era la autoridad última, solo era cuestión de tiempo antes de que surgiera una nueva filosofía que provocaría que el templo del saber establecido se viniera abajo. Esto ocurriría en 1572.

§ 4.

Antes de Colón, el objetivo primario de los intelectuales del Renacimiento era recuperar la cultura perdida del pasado, no establecer nuevo conocimiento por sí mismo. Hasta que Colón demostró que la geografía clásica estaba equivocada irremediablemente, la hipótesis era que había que interpretar los argumentos de los antiguos, no ponerlos en duda¹⁴⁶. Pero incluso después de Colón, las actitudes antiguas persistieron. En 1514, Giovanni Manardo expresó impaciencia con los que continuaban dudando que los seres humanos pudieran soportar el calor ecuatorial: «Si alguien prefiere el testimonio de Aristóteles y Averroes al de los hombres que han estado allí —protestaba—, no hay manera de argumentar con ellos como no sea la que el mismo Aristóteles debatía con los que negaban que el fuego era realmente caliente, es decir, que aquel navegara con astrolabio y ábaco para que descubriera el asunto por sí mismo»¹⁴⁷. En algún momento

¹⁴⁶ Véase, por ejemplo, el prefacio al libro 1 de los *Discourses* de Maquiavelo (Maquiavelo, *Selected Political Writings* (1994), 82-84); Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 605-606; y Schmitt, «Experience and Experiment» (1969) sobre Zabarella.

¹⁴⁷ Citado en Eamon, *Science and the Secrets of Nature* (1994), 272.

entre 1534 y 1549, Jean Taisnier, un músico y matemático, señaló que a veces Aristóteles estaba equivocado; un representante del papa le desafió a que aportara un ejemplo convincente de que Aristóteles estaba equivocado. Sus adversarios estaban seguros de que no podría hacerlo. Su respuesta fue una conferencia en la que atacaba el relato de Aristóteles sobre los cuerpos que caen, el punto más débil de su física¹⁴⁸.

Para nosotros es difícil entender en qué medida este continuaba siendo el caso bien entrado el siglo XVII^{cx}. Galileo cuenta la historia del profesor que se negaba a aceptar que los nervios estaban conectados al cerebro y no al corazón porque esto no concordaba con la afirmación explícita de Aristóteles, y que mantuvo su opinión incluso cuando se le mostraron las rutas de los nervios en un cadáver disecado¹⁴⁹. Hay el ejemplo famoso del filósofo Cremonini quien, a pesar de ser un amigo íntimo de Galileo, se negó a mirar a través de su telescopio. Cremonini publicó un extenso libro sobre los cielos en el que no se hacía mención alguna de los descubrimientos de Galileo, por la simple razón de que eran irrelevantes para la tarea de reconstruir el pensamiento de

¹⁴⁸ Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (1923), vol. 5, 581-582; y Taisnier, *Opusculum* (1562), 16-17. A veces se ha dicho que Ramus defendía la tesis de que todo lo que Aristóteles dijo es falso, pero esto se debe a una mala traducción: Ong, *Ramus* (1958), 36-46.

¹⁴⁹ Galilei, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems* (1967), 107-108; para una discusión de ello y otros ejemplos similares, y del dicho según el cual era mejor equivocarse con Platón/Aristóteles/Galeno que estar en lo cierto, Maclean, *Logic, Signs and Nature* (2002), 191-193.

Aristóteles¹⁵⁰. En 1668, Joseph Glanvill, uno de los principales defensores de la nueva ciencia, se encontró discutiendo con alguien que rechazaba todos los descubrimientos hechos mediante microscopios y telescopios sobre la base de que dichos instrumentos eran «*todos engañosos y falaces*. Respuesta que me recuerda la de la *buena mujer*, a la que cuando su marido le dijo, en ocasión de una diferencia de opinión, *Yo lo vi, ¿y acaso no he de creer a mis propios ojos?*, ella replicó rápidamente: *¿Crearás antes a tus ojos que a tu propia y querida esposa^{cxii}?* Y parece que *este caballero* piensa que no es razonable que *creamos a los nuestros*, antes que a su *propio y querido Aristóteles*»¹⁵¹. Incluso el gran anatomista del siglo XVII William Harvey, que descubrió la circulación de la sangre^{cxii}, se refería con aprobación a Aristóteles como «el gran dictador de la filosofía»; para Walter Charleton, uno de los miembros fundadores de la Royal Society y opuesto al escolasticismo, era simplemente «el déspota de las escuelas»¹⁵².

§ 5.

Así pues, la religión, la literatura latina y la filosofía aristotélica coincidían: no existía tal cosa como el nuevo conocimiento. Lo que parecía nuevo conocimiento era, en consecuencia, simplemente conocimiento antiguo que se había extraviado, y se suponía que la

¹⁵⁰ Muir, *The Culture Wars of the Late Renaissance* (2007), 15-18; compárese Pascal, *Oeuvres* (1923), 9 – Pierre Guiffart sobre los experimentos de Pascal.

¹⁵¹ Glanvill, *Plus ultra* (1668), 65-66.

¹⁵² Harvey, *Anatomical Exercitations* (1653), prefacio, fol. 4r; y Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 183.

historia giraba en círculos. A una escala grande, se consideraba que todo el universo (al menos si se apartaba la verdad revelada y se escuchaba a los astrólogos) se repetía. «Todo lo que ha sido en el pasado será en el futuro», escribió Francesco Guicciardini en sus *Maxims* («Máximas») (que dejó a su familia a su muerte en 1540, y que se publicaron por vez primera en 1857)¹⁵³. Tal como Montaigne escribió en 1580, «las creencias, juicios y opiniones de los hombres... tienen sus ciclos, estaciones, nacimientos y muertes, exactamente igual que hacen los repollos»¹⁵⁴. Podía citar a las mejores autoridades: «Aristóteles dice que todas las opiniones humanas han existido en el pasado y lo harán en el futuro un número infinito de otras veces; Platón, que se renovarán y volverán pasados 36 000 años» (un pensamiento alarmante, dado que la cronología bíblica implicaba que el mundo solo tenía seis mil años de antigüedad; la cifra de Cicerón, de 12 954 años, no era mucho mejor). Giulio Cesare Vanini escribió (en 1616; fue ejecutado por ateísmo tres años después): «De nuevo, Aquiles irá a Troya, ritos y religiones renacerán, la historia humana se repite. Nada existe hoy que no existiera hace mucho tiempo; lo que ha sido, será». A una escala más reducida, se suponía que la historia de cada sociedad implicaba un ciclo infinito de formas constitucionales (*anaciclosis*), desde la democracia a la tiranía y vuelta a empezar, y solo era

¹⁵³ Guicciardini, *Maxims and Reflections (Ricordi)* (1972), 76.

¹⁵⁴ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 648.

necesario un pequeño paso para suponer que también las culturas recurrían, junto con las constituciones¹⁵⁵.

Para los platonistas, el nuevo conocimiento era algo que no podía existir, porque Platón insistió en que el alma ya conocía la verdad, de modo que cualquier cosa que pareciera nueva era en realidad reminiscencia (*anamnesis*). En el *Menón*, Sócrates persuadía a un esclavo inculto de que él ya sabía que el cuadrado de la hipotenusa era igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados. Y, desde luego, es cierto que a menudo un descubrimiento implica un reconocimiento del significado de algo que ya se conocía. Cuando Arquímedes gritó «¡Eureka!» y corrió desnudo por las calles de Siracusa decimos que había descubierto lo que llamamos «el principio de Arquímedes». Podríamos decir igualmente que Arquímedes había reconocido las implicaciones de algo que ya conocía: que desplazaba agua cuando se introducía en la bañera. Reconocimiento y reminiscencia implican que nuestras experiencias presentes y futuras son igual que nuestras experiencias pasadas; descubrimiento implica que podemos experimentar algo que nadie ha experimentado antes. La idea de descubrimiento se halla inextricablemente ligada a las ideas de exploración, progreso, originalidad, autenticidad y novedad. Es un producto característico del Renacimiento tardío.

¹⁵⁵ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 644 (texto de 1588); Borges, *The Total Library* (2001), «The Doctrine of Cycles» (115-122), «Circular Time» (225-228), con Vanini «citado» en 225 (de hecho, esto es una mejora borgesiana de lo que dice realmente Vanini: véase Vanini, *De admirandis*, 1616, 388); y Trompf, *The Idea of Historical Recurrence* (1979).

Sin embargo, las doctrinas de recurrencia y reminiscencia de los platonistas no eran el problema real; ambas fueron respaldadas por Proclo, que todavía escribía, como hacían los griegos, en términos de descubrimiento. El obstáculo real, aparte de la creencia incondicional en Aristóteles, era la creencia todavía más incondicional en la Biblia. Allí donde griegos y romanos creían que los seres humanos habían empezado como poco mejor que animales y habían adquirido lentamente las habilidades necesarias para la civilización, la Biblia insistía en que Adán había sabido los nombres de todo; Caín y Abel habían practicado la agricultura cultivable y pastoral; los hijos de Caín habían inventado la metalurgia y la música; Noé había construido un arca y había producido vino; sus descendientes lejanos se dispusieron a construir la Torre de Babel. La sugerencia de que las diversas capacidades necesarias para la civilización tuvieron que inventarse a lo largo de extenso período de tiempo, o de que hubiera tipos significativos de conocimiento de los que Abraham, Moisés y Salomón no tuvieran idea era simplemente inaceptable. Los griegos, indicaban los primeros Padres de la Iglesia, reconocían su deuda para con los egipcios, y era fácil ver que los egipcios habían adquirido su saber de los judíos. «¡Dejad de llamar invenciones a vuestras imitaciones!», gritaba Taciano (c. 120-180) con exasperación, mientras rechazaba de plano la afirmación de que egipcios y griegos habían hecho descubrimientos que eran desconocidos para los judíos¹⁵⁶.

¹⁵⁶ Zhmud, *The Origin of the History of Science* (2006), 299.

El cristianismo no solo impuso una cronología abreviada; la liturgia se construyó alrededor de un ciclo sin fin, la recurrencia anual de la vida de Cristo. «Anualmente, la Iglesia se alegra porque Cristo ha vuelto a nacer en Belén; cuando el invierno se acerca a su fin, él entra en Jerusalén, es traicionado, crucificado, y una vez termina por fin la prolongada tristeza cuaresmal, se eleva de entre los muertos la mañana de Pascua». Al mismo tiempo, el sacramento de la Misa afirma «la perpetua contemporaneidad de la Pasión» y celebra el «matrimonio del tiempo presente con el tiempo pasado»¹⁵⁷. Simplemente, la idea de descubrimiento no podía arraigar en una cultura tan preocupada con la cronología bíblica y la repetición litúrgica, por un lado, y con las ideas seculares de renacimiento, recurrencia y reinterpretación, por el otro. Francis Bacon se quejaba en 1620 de que el mundo había estado hechizado, tan inexplicable era la reverencia por la Antigüedad. Thomas Browne protestó en 1646 contra la idea general de que cuanto más hacia atrás nos remontábamos en el tiempo, más nos acercábamos a la verdad. (Es seguro que pensaba en la insistencia de Bacon de que lo que ocurre es lo contrario, que *veritas filia temporis*, «la verdad es hija del tiempo»¹⁵⁸. Es sintomático de esta orientación retrógrada de la cultura ortodoxa el título de uno de los libros más importantes que describía los nuevos descubrimientos de Colón y Vesputio: *Paesi*

¹⁵⁷ Righter, *Shakespeare and the Idea of the Play* (1962), 15, 23.

¹⁵⁸ Bacon, *Instauratio magna* (1620), vol. 1 §84, 99 = Bacon, *Works* (1857), vol. 1, 191; y Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), 20; véase también Pascal, «Préface sur le traité du vide» (Pascal, *Oeuvres complètes* (1964), 772-785); y Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661), 140-141.

novamenti ritrovati («Tierras redescubiertas recientemente», Vicenza, 1507). En la traducción alemana que siguió un año más tarde, este se convirtió en *Newe unbekante Landte* («Nuevas tierras desconocidas»¹⁵⁹). Esta revisión señala el primer triunfo local de lo nuevo.

Desde luego, es natural que pensemos que había muchas cosas que eran «nuevas» antes de 1492. Pero lo que nos parece nuevo no les parecía en general tan nuevo a los contemporáneos (o al menos no tan incontrovertiblemente nuevo). Un caso de estudio interesante lo proporcionan los logros revolucionarios en arte que tuvieron lugar en Florencia a principios del siglo XV. Leon Battista Alberti, que volvió allí en 1434 después de largos años de exilio (Alberti, a sus propios ojos y a los de sus paisanos florentinos, había nacido en el exilio, en 1404, y había pasado la mayor parte de su vida adulta en Bolonia y Roma), quedó asombrado por lo que vio. La nueva cúpula de la catedral de Florencia, diseñada por Brunelleschi, «lo bastante grande para cubrir con su sombra a toda la población de la Toscana», se elevaba sobre la ciudad, y un grupo de artistas brillantes (el mismo Brunelleschi, Donatello, Masaccio, Ghiberti, Luca della Robbia) producía obra que no se parecía a nada de lo que hubiera habido antes. «Me maravillaba y a la vez lamentaba que tan excelentes y divinas artes y ciencias, que poseían en gran abundancia los hombres de talento de la Antigüedad, hayan desaparecido ahora y se hayan perdido casi totalmente», escribía en

¹⁵⁹ Johnson, «Renaissance German Cosmographers» (2006), 34-35.

1436. Pero ahora, observando los logros de los artistas florentinos, pensaba que «nuestra fama será mucho mayor si sin preceptores y sin ningún modelo que imitar inventamos [*troviamo*] artes y ciencias de las que hasta ahora no se había oído ni visto nada»¹⁶⁰. La cúpula de Brunelleschi era «a buen seguro una hazaña de ingeniería, si no estoy equivocado, que la gente no creía posible en estos días y que probablemente era igual de desconocida e inimaginable entre los antiguos». Enfrentado a logros que no parecían tener parangón clásico, Alberti se sentía obligado no obstante a expresarse con gran cautela: «a buen seguro», «si no estoy equivocado», «probablemente»^{cxiii}. Es notable que Alberti destaque aquí la cúpula de Brunelleschi, no el arte de pintar en perspectiva, que era su tema real: él y sus sucesores no eran demasiado claros acerca de si esta técnica era totalmente nueva o simplemente un redescubrimiento de las técnicas empleadas por los antiguos griegos y romanos para pintar decorados de escenario, tal como describe Vitruvio^{cxiv}. El propio Alberti afirmaba (de manera característica) en 1435 que la técnica de la perspectiva era «probablemente» desconocida por los antiguos; Filarete en 1461 insistía en que les era totalmente desconocida; pero Sebastiano Serlio en 1537 adoptó la opinión exactamente opuesta, al decir sin rodeos que «la perspectiva es lo que Vitruvio denomina *scenographia*»¹⁶¹.

¹⁶⁰ Alberti, *On Painting and On Sculpture* (1972), 33 (dedicación a Brunelleschi; traducción modificada).

¹⁶¹ Alberti, *On Painting and On Sculpture* (1972), 57-58; arriba, p. 58 y n; y Serlio, *Libro primo [-quinto] d'architettura* (1559), libro 2, 1r (1537 es la fecha de la primera edición).

En tales circunstancias, la convicción de que no había nuevos conocimientos que descubrir podía doblegarse y agrietarse, pero en absoluto hacerse añicos. Para tener una idea de su resiliencia solo hay que pensar en Maquiavelo (Niccolò Machiavelli), casi cien años más tarde, que inicia sus *Discorsi sopra la prima deca di Tito Livio* (*Discursos sobre la primera década de Tito Livio*) (c. 1517) con una referencia al descubrimiento (relativamente reciente) del Nuevo Mundo y con una promesa que también él tiene algo nuevo que ofrecer, solo para cambiar bruscamente e insistir que en política, como en derecho y medicina, todo lo que se necesita es una adherencia leal a los ejemplos que dejaron los antiguos, de modo que resulta que lo que tiene que ofrecer no es un viaje a lo desconocido, sino un comentario sobre Livio. No resulta, pues, sorprendente que Maquiavelo pensara que era perfectamente obvio que, a pesar de la invención de la pólvora, las tácticas militares romanas siguieran siendo el modelo que todos debían seguir: todo el propósito de su *Dell'arte della guerra* (*Sobre el arte de la guerra*) (1519) era escribir para los que, como él eran *delle antiche azioni amatori* (amantes de las maneras antiguas de hacer las cosas¹⁶²).

Naturalmente, Copérnico, medio siglo después del descubrimiento de América, tuvo cuidado en mencionar a Filolao el Pitagórico (c. 470-385 AEC) como precursor importante a la hora de proponer

¹⁶² *Discourses on Livy*, introducción al libro 1 (falta un párrafo en la traducción de Neville de 1675); libro 2, cap. 17; y Maquiavelo, *Art of War*, prefacio.

una Tierra en movimiento¹⁶³. Rheticus, el discípulo de Copérnico, en el primer informe publicado de la teoría copernicana, retuvo cualquier referencia al heliocentrismo durante tanto tiempo como pudo, por temor a enemistarse con sus lectores¹⁶⁴. *Prognostication* («Pronosticación»), el texto de Thomas Digges de 1576, destacaba la absoluta novedad y originalidad del sistema copernicano; pero la ilustración que acompañaba al texto no hacía mención de Copérnico, y afirmaba representar «los orbes celestiales según la doctrina más antigua de los pitagóricos», y en ediciones posteriores esta frase aparecía en el índice y en el título del capítulo¹⁶⁵. Incluso Galileo, en su *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano* (*Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, ptolemaico y copernicano*) (1632), emparejaba repetidamente el nombre de Copérnico con el de Aristarco de Samos (c. 319-230 AEC), a quien atribuía (erróneamente) la invención del heliocentrismo¹⁶⁶. Lo que era nuevo todavía no era admirable, de modo que se presentaba, de la mejor manera posible, bajo el caparazón de lo antiguo. Pocos estaban preparados, como Le Roy lo estaba, para adoptar la novedad con entusiasmo.

En el seno de una cultura que miraba hacia el pasado la distinción crucial no era entre el saber antiguo y el saber nuevo, sino entre lo que se conocía de manera general y lo que se conocía solo por parte

¹⁶³ Copérnico, *On the Revolutions* (1978), 5; y Gingerich, «Did Copernicus Owe a Debt to Aristarchus?» (1985).

¹⁶⁴ Rheticus, *Narratio prima* (1540); y Rosen (ed.), *Three Copernican Treatises* (1959), 135.

¹⁶⁵ Digges y Digges, *A Prognostication Everlasting* (1576), fol. 43.

¹⁶⁶ Galilei, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems* (1967), 274, 276, 318, 328.

de unos pocos privilegiados que habían tenido acceso a sabiduría secreta¹⁶⁷. El conocimiento, se suponía, nunca se perdía realmente. O bien se hacía clandestino, volviéndose esotérico u oculto, o bien se perdía momentáneamente, y al final volvería a aparecer después de siglos de permanecer olvidado en la biblioteca de algún monasterio. Tal como Chaucer había escrito en el siglo XIV:

*... de viejos campos, como dicen los hombres,
vino todo este nuevo maíz de allí a aquí,
y de libros antiguos, en buena fe,
vino esta nueva ciencia que los hombres aprenden*^{CXV 168}.

El descubrimiento de América fue crucial para legitimar la innovación porque en cuestión de cuarenta años nadie ponía en duda que se trataba realmente de un acontecimiento sin precedentes, que no podía ser ignorado¹⁶⁹. También era un acontecimiento público, el inicio de un proceso por el cual los nuevos conocimientos, en oposición a la antigua cultura de la discreción, establecían su legitimidad en una palestra pública. Pero la celebración de la innovación se había iniciado antes incluso de 1492. En 1483, Diogo Cão erigió una columna de mármol rematada por una cruz en la desembocadura de lo que ahora denominamos río Congo, para señalar el límite extremo de la exploración hacia el

¹⁶⁷ Eamon, *Science and the Secrets of Nature* (1994); y Long, *Openness, Secrecy, Authorship* (2001).

¹⁶⁸ Citado de Minnis, *Medieval Theory of Authorship* (1988), 9.

¹⁶⁹ Véase la defensa de Guillaume de Testu del concepto de «chozes nouvelles» en 1556: Lestringant, *L'Atelier du cosmographe* (1991), 187.

sur. Esta fue la primera de lo que se convirtió en una serie de columnas, cada una de ellas destinada a señalar los límites del mundo conocido, y a sustituir de esta manera las Columnas de Hércules (el estrecho de Gibraltar), que habían hecho esta función para el mundo antiguo. Posteriormente, después de Colón, los españoles también participaron. En 1516, Carlos (el futuro Carlos V de España y emperador del Sacro Imperio Romano) adoptó como lema propio las Columnas de Hércules con la leyenda *plus ultra*, «más allá», una consigna que posteriormente adoptaría Bacon. (No existe una traducción satisfactoria de *plus ultra* debido a su latín no gramatical).¹⁷⁰ João de Barros pudo afirmar en 1555 que las Columnas de Hércules, «que él instaló ante nuestra misma puerta, por así decirlo, se han borrado del recuerdo humano y han sido lanzadas al silencio y al olvido»¹⁷¹. Uno de los adversarios de Galileo, Lodovico delle Colombe, se quejaba en 1610-1611 que Galileo se comportaba como alguien que navegara por el océano y dirigiéndose más allá de las Columnas de Hércules gritara: *Plus ultra!*, cuando, desde luego, lo que tendría que haber hecho era reconocer que establecer la opinión de Aristóteles era el punto en el que la indagación tenía que haberse detenido¹⁷². ¡Pobre Lodovico!; no parece que se hubiera dado cuenta de que el descubrimiento de América había convertido en ridícula la afirmación de que uno no

¹⁷⁰ Rosenthal, «*Plus ultra, non plus ultra*» (1971); y Rosenthal, «The Invention of the Columnar Device» (1973).

¹⁷¹ Randles, «The Atlantic in European Cartography» (2000), 15.

¹⁷² Galilei, *Le opere* (1890), vol. 3, 253.

debe aventurarse nunca en lo desconocido. Aun así, en junio de 1633, durante el juicio de Galileo, su amigo Benedetto Castelli le escribió, señalando que la iglesia Católica parecía querer establecer nuevas columnas de Hércules con el lema *non plus ultra*¹⁷³.

Pero llevó más de un siglo hacer que la innovación (aparte de la geografía y la cartografía) fuera respetable, y entonces solo se hizo respetable entre los matemáticos y los anatomistas, no entre los filósofos y los teólogos. En 1553 Giovanni Battista Benedetti publicó *Resolutio omnium Euclidis problematum* («Resolución de todos los problemas geométricos de Euclides y otros»), cuya cubierta anuncia audazmente que esto es un «descubrimiento» («per Joannem Baptistam de Benedictis Inventa»); seguía a Tartaglia, quien afirmaba haber inventado su *Nuova Scientia* (1537). Pero Tartaglia y Benedetti eran excepcionales porque se jactaban de sus logros. Un indicador mejor de la nueva cultura de descubrimiento es la publicación en 1581 de *The Newe Attractive* («La nueva atracción»), de Robert Norman. Norman anunciaba en la cubierta que era el descubridor de «una nueva, secreta y sutil propiedad», la inclinación de la aguja de la brújula. Aunque no sabía griego ni latín (aunque sí holandés), sabía lo suficiente acerca de descubrimientos para compararse con Arquímedes y Pitágoras, tal como los describía Vitruvio. Se había incorporado a las filas de los que «están abrumados por el increíble placer concebido por sus propios

¹⁷³ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 15, 155.

artefactos e invenciones»¹⁷⁴. Cuando la *Cosmographia* de Francesco Barozzi se tradujo al italiano en 1607, su cubierta declaraba que contenía nuevos descubrimientos («alcune cose di nuovo dall'autore ritrovate»); estos no se habían mencionado en la cubierta de la edición original de 1585. En 1608 era posible lamentarse de que «hoy en día los descubridores de nuevas cosas son prácticamente deificados». Una precondition para ello, desde luego, era que, como Tartaglia, como Benedetti, como Norman y como el traductor de Barozzi en su nombre, no dejaran en secreto sus descubrimientos¹⁷⁵.

Dos décadas después, un discípulo de Galileo, recientemente designado profesor de matemáticas en Pisa, se quejaba de que «de todos los millones de cosas que hay por descubrir [*cose trovabili*], no descubro ni una sola», y como consecuencia vivía en un «tormento sin fin»¹⁷⁶. Desde el principio de los tiempos ha habido jóvenes impacientes, ansiosos por si no conseguían vivir a la altura de sus propias expectativas; pero Niccolò Aggiunti bien pudiera haber sido el primero en preocuparse porque nunca haría un descubrimiento importante. También en el círculo de Galileo, todo lo que contaba era el descubrimiento.

Lo que era notable acerca del conocimiento producido por los viajes de descubrimiento no era solo que era indiscutiblemente nuevo, ni

¹⁷⁴ Norman, *The New Attractive* (1581), Aiiiv.

¹⁷⁵ Lodovico delle Colombe, citado por Wootton, *Galileo* (2010), 7; compárese el mismo autor en 1612: Galilei, *Le opere* (1890), vol. 4, 317.

¹⁷⁶ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 13, 345.

que fuera público. La geografía se había transformado, no por los filósofos que enseñaban en las universidades, no por doctos estudiosos que leían libros en sus estudios, no por matemáticos que garabateaban nuevos teoremas en sus pizarras; ni se había deducido a partir de verdades reconocidas de forma general (tal como recomendaba Aristóteles), ni se había encontrado en las páginas de antiguos manuscritos. Por el contrario, lo habían encontrado marinos con poca cultura, preparados para permanecer en la cubierta de un barco con todo tipo de tiempo. «Los sencillos marineros de hoy en día —escribía Jacques Cartier en 1545—, han aprendido lo contrario de la opinión de los filósofos por experiencia verdadera»¹⁷⁷. Robert Norman se describía como un «mecánico inculto». Así, el nuevo conocimiento representaba el triunfo de la experiencia sobre la teoría y el aprendizaje, y como tal se celebraba. «El ignorante Colón —escribía en 1625 Marin Mersenne—, descubrió el Nuevo Mundo; pero Lactancio, erudito teólogo, y Jenófanes, sabio filósofo, lo habían negado»¹⁷⁸. Tal como escribió Joseph Glanvill en 1661:

Creemos en la verticidad de la aguja [es decir, que la brújula señala al norte] sin un certificado de los días de la antigüedad. Y no nos limitamos a la única conducta de las

¹⁷⁷ Citado de Eamon, *Science and the Secrets of Nature* (1994), 272.

¹⁷⁸ Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (1923), vol. 7, 430; o, por ejemplo, Thevet, *Cosmographie universelle*, 1575: «en ces matieres cy, les plus sçavans n'y voient pas si clairement, que font les Matelots et ceux qui ont par cy devant long temps voiaagé en ces terres, d'autant que l'experience est maistresse de toutes choses»: citado en Lestringant, *L'Atelier du cosmographe* (1991), 25; véase también 27-35, 45-46, 50.

estrellas, por miedo de ser más sabios que nuestros padres. Si aquí hubiera prevalecido la autoridad, la cuarta parte de la Tierra [América] no habría existido para nosotros, y las Columnas de Hércules habrían seguido siendo el Non ultra del mundo. La profecía de Séneca [de que se podía navegar hacia el oeste para alcanzar la India] habría seguido siendo una predicción no cumplida, y una mitad de nuestro globo seguiría siendo un hemisferio vacío¹⁷⁹.

Lo que es importante aquí no es, a pesar de lo que dice Diderot, la idea de que la experiencia es la mejor manera de adquirir conocimiento. El dicho *experientia magistra rerum*, «la experiencia es una gran maestra», era común en la Edad Media: uno no aprende a montar a caballo o a lanzar una flecha leyendo libros¹⁸⁰. Lo que es importante es, más bien, la idea de que la experiencia no es simplemente útil porque puede enseñarnos cosas que otras personas ya saben: la experiencia puede enseñarnos realmente que lo que otras personas saben están equivocados. Es la experiencia en este sentido (la experiencia como el camino al descubrimiento) lo que apenas se reconocía antes del descubrimiento de América.

¹⁷⁹ Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661), 140.

¹⁸⁰ On *experientia magistra rerum*, n. 64 arriba; Gilbert, *Machiavelli and Guicciardini* (1965), 39; Tedeschi, «The Roman Inquisition and Witchcraft» (1983); Gerson, *Opera omnia* (1706), vol. 1, 76; y Himmelstein, *Synodicon herbipolense* (1855), 207. Erasmo, sin embargo, pensaba que solo los necios necesitan aprender de la experiencia: Vaughan, «An Unnoted Translation of Erasmus in Ascham's "Schoolmaster"» (1977).

Desde luego, los descubrimientos geográficos fueron solo el principio. Del Nuevo Mundo llegó una avalancha de nuevas plantas (tomates, patatas, tabaco) y nuevos animales (osos hormigueros, zarigüeyas, pavos). Esto provocó un largo proceso de intentar documentar y describir la flora y la fauna previamente desconocidas del Nuevo Mundo; pero también, por reacción, un reconocimiento estupefacto de que había toda suerte de plantas y animales europeos que nunca habían sido adecuadamente observados y registrados. Una vez hubo empezado el proceso de descubrimiento, resultó que era posible hacer descubrimientos en cualquier lugar, solo con que se supiera dónde mirar. El propio Viejo Mundo se observó con nuevos ojos¹⁸¹.

Hubo una segunda consecuencia de describir lo nuevo. Para los autores clásicos y del Renacimiento cada animal o planta bien conocidos tenían asociada una compleja cadena de asociaciones y significados. Los leones eran regios y valientes; los pavos reales, orgullosos; las hormigas eran laboriosas; los zorros, astutos. Las descripciones pasaban fácilmente de lo físico a lo simbólico y eran incompletas sin una gama de referencias a poetas y filósofos. Las plantas y los animales nuevos, ya fueran del Nuevo Mundo o del Viejo, no tenían una cadena de asociaciones de este tipo, ninguna penumbra de significados culturales. ¿Qué simboliza un oso hormiguero? ¿Y una zarigüeya? Así, la historia natural se separó

¹⁸¹ Cooper, *Inventing the Indigenous* (2007).

lentamente del mundo más amplio del conocimiento y empezó a formar un enclave propio¹⁸².

§ 6.

El nombre «descubrimiento» aparece por primera vez en inglés en su nuevo sentido en 1554, el verbo «descubrir» en 1553, mientras que la frase «viaje de descubrimiento» se usaba en 1574 ¹⁸³. En 1559 ya fue posible, en la primera solicitud inglesa de una patente, que hizo el ingeniero italiano Jacobo Aconcio, hablar de descubrimiento, no de un nuevo continente, sino de un nuevo tipo de máquina:

Nada es más honesto que aquellos que mediante la búsqueda han encontrado cosas útiles para el público tengan algún fruto de sus derechos y trabajos, pues mientras tanto abandonan todos los demás modos de obtener beneficios, tienen muchos gastos en los experimentos y a menudo sufren grandes pérdidas, como me ha ocurrido a mí. He descubierto cosas que son muy útiles, nuevos tipos de máquinas con ruedas, y de hornos para tintoreros y cerveceros, que cuando se conozcan se usarán sin mi consentimiento, excepto que haya una sanción, y yo, pobre con gastos y trabajo, no tendré beneficios. Por lo tanto solicito una prohibición contra el uso de cualesquiera máquinas de ruedas, ya sea para

¹⁸² Ashworth Jr, «Natural History and the Emblematic World View» (1990).

¹⁸³ *Discovery: OED ; discover: Münster, A Treatyse of the Newe India* (1553), sig. H7r; *voyage of discovery: Bourne, A Regiment for the Sea* (1574), 35v.

*moler o triturar, o cualesquiera hornos como los míos, sin mi consentimiento*¹⁸⁴.

Se le acabó por conceder su demanda, con esta declaración: «Es justo que los inventores sean recompensados y protegidos frente a otros que obtengan beneficio de sus descubrimientos»^{cxvi}. Puede parecer que este es un cambio de significado extraordinario, porque es fácil ver cómo se puede «desvelar» algo que ya está aquí, pero mucho más difícil ver cómo se puede desvelar algo que nunca ha existido previamente; pero esto debió de ser facilitado por la gama de significados presentes en el término latino *invenio*, que cubría a la vez «encontrar» e «inventar». En 1605, esta nueva idea de descubrimiento la generalizó Francis Bacon en *Of the Proficiency and Advancement of Learning* («Del dominio y el progreso del conocimiento»). De hecho, Bacon afirmaba haber descubierto cómo hacer descubrimientos:

Y de la misma manera que las Indias Occidentales [es decir, las Américas en su conjunto]^{cxvii} no hubieran sido descubiertas nunca, si el uso de la aguja de los marinos [la brújula] no se hubiera descubierto primero, aunque una son enormes regiones, y la otra un pequeño movimiento. Así, no puede parecer extraño, si las ciencias no se

¹⁸⁴ Phillips, «The English Patent» (1982), 71.

*hubieran descubierto si el propio arte de la invención y el descubrimiento se hubieran pasado por alto*¹⁸⁵.

La afirmación de Bacon de haber inventado el arte (es decir, la técnica) del descubrimiento dependía de una serie de pasos intelectuales. Primero, rechazó todo el conocimiento existente por ser inadecuado para hacer descubrimientos e inútil para transformar el mundo. La filosofía escolástica que se enseñaba en las universidades, basada en Aristóteles, estaba atrapada, Bacon insistía en ello, en una serie de argumentos fútiles que nunca podrían generar nuevo conocimiento del tipo que él buscaba. De hecho, rechazaba la idea de un conocimiento fundado en la certeza, en la prueba. La filosofía aristotélica se había basado en la idea de que se podían deducir las ciencias a partir de principios primeros aceptados de manera general, de modo que toda la ciencia fuera comparable a la geometría. En lugar de prueba, Bacon introdujo el concepto de interpretación; allí donde antes los estudiosos habían escrito acerca de interpretar los libros, ahora Bacon introdujo la idea de «la interpretación de la naturaleza»¹⁸⁶.

¹⁸⁵ Bacon, *The Advancement of Learning* (1605), 48v = Bacon, *Works* (1857), vol. 3, 384. Para una discusión general de este tema, véase Gascoigne, «Crossing the Pillars of Hercules» (2012). Posteriormente, Hooke, en su «The Present State of Natural Philosophy», pretendía ofrecer pautas para cómo hacer descubrimientos, y asegurar así que el trabajo duro, y no el genio, fuera todo lo que se necesitaba para hacer avanzar el conocimiento: Hooke, *The Posthumous Works* (1705), 1-70.

¹⁸⁶ Serjeantson, «Francis Bacon and the "Interpretation of Nature" in the Late Renaissance» (2014).

Lo que hacía que una interpretación fuera correcta no era su estructura formal, sino su utilidad, el hecho de que hiciera posible la predicción y el control. Bacon indicaba que los descubrimientos que estaban transformando su mundo (la brújula, la imprenta, la pólvora, el Nuevo Mundo) habían sido generados de una manera aleatoria. Nadie sabía qué podía ocurrir si se emprendía una búsqueda sistemática de nuevo conocimiento. Así, Bacon rechazaba la distinción, tan profundamente arraigada en su sociedad, entre la teoría y la práctica. En una sociedad en la que se trazaba una clara línea entre los caballeros, que tenían las manos delicadas, y los artesanos y obreros, cuyas manos eran callosas, Bacon insistía en que el saber efectivo requeriría la colaboración entre caballeros y artesanos, entre el aprendizaje a través de los libros y la experiencia en el taller.

Así, la afirmación central de Bacon era que el conocimiento (al menos, el conocimiento del tipo que él defendía) era poder: si se entendía algo, se adquiría la capacidad de controlar y reproducir los efectos de la naturaleza^{cxviii}. En lugar de ser los productos de la pericia humana necesariamente inferiores a los productos de la naturaleza, los seres humanos eran en principio capaces de hacer mucho más de lo que la naturaleza hizo nunca, de hacer cosas «de un tipo que antes de su invención ni la menor sospecha de ellas apenas hubiera cruzado la mente de nadie, sino que un hombre las

hubiera rechazado simplemente por imposibles»¹⁸⁷. Mientras que el objetivo de la filosofía griega había sido la comprensión contemplativa, el de la filosofía baconiana era una nueva tecnología. Las ambiciones de Bacon por esta nueva tecnología eran notables: iba a ser una forma de «magia»; es decir, haría cosas que parecerían imposibles a los que no estuvieran familiarizados con ella (de la misma manera que las armas de fuego les parecían una forma de magia a los americanos nativos¹⁸⁸).

Junto a esto (el descubrimiento del descubrimiento) había un nuevo compromiso con lo que Bacon, cuando escribía en inglés, llamaba «avance», «progresión» o «proficiencia» (utilizando el término en su sentido original de «avanzar»), y sus traductores de 1670 denominaban «mejora» o, de manera más simple, «progreso». Si el descubrimiento de América empezó en 1492, también lo hizo el descubrimiento del progreso. Bacon fue la primera persona que intentó sistematizar la idea de un conocimiento que haría un progreso constante¹⁸⁹. Durante su vida publicó tres libros que esbozaban la nueva filosofía: *The Advancement of Learning* (1605 y, en una versión latina ampliada, 1623), *The Wisdom of the Ancients* (1609), *The New Organon* (1620, la primera parte de una obra mayor, proyectada pero inacabada, *The Great Instauration*), seguidos, póstumamente por *The New Atlantis* y *Sylva sylvarum* en

¹⁸⁷ Weeks, «Francis Bacon and the Art-Nature Distinction» (2007), 105, citando a *Novum organum* CIX (traducción modificada).

¹⁸⁸ Weeks, «The Role of Mechanics in Francis Bacon's "Great Instauration"» (2008). Compárese Della Porta, *Natural Magick* (1658) [1589], 2.

¹⁸⁹ Compárese Pascal, *Oeuvres* (1923), 136-141; y arriba, p. 36.

1626. A pesar de su título en latín, *Sylva sylvarum* está escrita en inglés. En latín, *silva* es un bosque, pero también la colección de materiales en bruto necesarios para una construcción. De modo que *Sylva sylvarum* es literalmente «el bosque de los bosques», pero, efectivamente, *The Lumber Yard* («El depósito de madera»). *Organon* es la palabra griega para una herramienta (Galileo llama *organon* a su telescopio¹⁹⁰), de modo que *The New Organon* proporciona las herramientas, el equipo mental, y la *Sylva sylvarum* proporciona los materiales en bruto para la empresa de Bacon¹⁹¹.

Los libros fueron leídos, pero tuvieron poca influencia, y su demanda fue modesta: por ejemplo, *The New Organon* tardó veinticinco años en aparecer en una nueva edición. Bacon no tuvo discípulos en Inglaterra hasta la década de 1640. (Tuvo más influencia en Francia, donde aparecieron traducidas varias de sus obras).¹⁹² La razón de ello es muy sencilla: Bacon no hizo descubrimientos científicos por sí mismo. Sus afirmaciones para su nueva ciencia eran totalmente especulativas. No fue hasta la segunda mitad del siglo XVII cuando fue rescatado de la oscuridad relativa y aclamado como el profeta de una nueva era.

§ 7.

¹⁹⁰ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 3, 59.

¹⁹¹ De Bruyn, «The Classical Silva» (2001).

¹⁹² Fattori, *La diffusione di Francis Bacon nel libertinismo francese* (2002). Para una discusión de sus ideas por Mersenne, véase Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (1923), vol. 7, 430.

Mientras Bacon escribía sobre descubrimientos, otros hacían descubrimientos. De manera lenta y torpe, a lo largo del siglo XVII había aparecido una gramática del descubrimiento científico: los descubrimientos ocurren en un momento específico (aunque su importancia solo se haga aparente transcurrido un cierto tiempo); los declara un único individuo que los anuncia al mundo (aunque haya muchas personas implicadas); se registran con nombres nuevos; y representan un cambio irreversible. Nadie ideó esta gramática, ni nadie escribió sus reglas, pero llegaron a ser sabidas de manera general por la simple razón de que se basaban en el caso paradigmático del descubrimiento geográfico^{cxix}. Un ejemplo temprano de alguien que evidentemente estaba seguro en su comprensión de cómo funcionaban las reglas es el anatomista Gabriele Falloppio. Contaba que cuando fue a enseñar por primera vez a la Universidad de Pisa (1548) les dijo a sus estudiantes que había identificado un tercer huesecillo en el oído (además de los huesecillos martillo y yunque), que el gran anatomista Andreas Vesalius no había identificado; después de todo, es el hueso más pequeño del cuerpo humano. Uno de sus estudiantes le advirtió que Giovanni Filippo Ingrassia, que enseñaba en Nápoles, ya había descubierto este hueso y lo había denominado *stapes*, o «estribo». (Ingrassia hizo el descubrimiento en 1546, pero su obra se publicó póstumamente, en 1603). Cuando Falloppio publicó en 1561, reconoció la prioridad de Ingrassia y adoptó el nombre que este había propuesto para el nuevo hueso. Su comportamiento admirable no pasó inadvertido: fue un ejemplo de manual para

Caspar Bartholin en 1611¹⁹³. Falloppio conocía las reglas y estaba dispuesto a jugar ateniéndose a ellas, porque quería que su propio descubrimiento fuera adecuadamente reconocido. Ingrassia podía quedarse con el huesecillo estribo; Falloppio había descubierto el clítoris. Podría pensarse que no debía de ser muy difícil descubrir el clítoris; pero la opinión generalizada, heredada de Galeno, era que hombres y mujeres tenían exactamente las mismas partes sexuales, aunque estaban plegadas de manera diferente; en consecuencia, los anatomistas les daban los mismos nombres: los ovarios (como los llamamos ahora), por ejemplo, eran simplemente los testículos femeninos. Por lo tanto, el descubrimiento del clítoris¹⁹⁴ fue otro triunfo notable de la experiencia sobre la teoría, puesto que no tenía equivalente masculino sino que era único de la anatomía femenina.¹⁹⁵

Así, los anatomistas fueron pioneros en registrar detenidamente quién afirmaba haber descubierto qué: el manual de Bartholin de 1611 empieza su historia del clítoris registrando las afirmaciones en competencia de Falloppio, a favor de cuya reclamación él está, y de Realdo Colombo, colega y rival de Falloppio en la Universidad de Padua (aunque sospechaba, como podríamos hacer nosotros, que ya era bien conocido de los antiguos¹⁹⁶). Como antiguo estudiante de medicina, y como profesor en Padua, donde se hicieron muchos de

¹⁹³ Bartholin, *Anatomicae institutiones* (1611), 449.

¹⁹⁴ Laqueur, *Making Sex* (1990).

¹⁹⁵ Bartholin, *Anatomicae institutiones* (1611), 174.

¹⁹⁶ Bartholin, *Anatomicae institutiones* (1611), 174.

los nuevos descubrimientos anatómicos, desde 1592 Galileo estaba ciertamente familiarizado con esta nueva cultura de reclamación de prioridad: el mejor estudiante de Falloppio, Girolamo Fabrizi d'Acquapendente, que había descubierto las válvulas en las venas, era su médico y amigo personal.

Cuando Galileo dirigió su telescopio hacia Júpiter en la noche del 7 de enero de 1610, advirtió lo que tomó por algunas estrellas fijas cerca del planeta. A lo largo de la noche o dos noches siguientes, las posiciones relativas de las estrellas y de Júpiter cambiaron de manera extraña. Al principio, Galileo supuso que Júpiter debía moverse de forma aberrante y que las estrellas tenían que ser fijas. En la noche del 15 de enero se dio cuenta de repente de que estaba viendo lunas que orbitaban alrededor de Júpiter. Sabía que acababa de hacer un descubrimiento, y rápidamente supo qué tenía que hacer. Dejó de tomar notas de sus observaciones en italiano y empezó a escribirlas en latín: planeaba publicarlas¹⁹⁷. Las lunas de Júpiter fueron descubiertas por una persona en un momento del tiempo, y desde el principio (no retrospectivamente) Galileo supo no solo exactamente qué era lo que había descubierto, sino que había hecho un descubrimiento.

Dado que Galileo se apresuró a publicar, su afirmación de prioridad fue indiscutible. Posteriormente afirmó que fue en 1610 cuando observó por primera vez manchas en el sol, pero fue lento a la hora de publicar, y en 1612 tanto él como su contrincante jesuita,

¹⁹⁷ Gingerich y Van Helden, «From Occhiale to Printed Page» (2003), 251-254.

Christoph Scheiner, airearon reclamaciones de prioridad en competencia¹⁹⁸. No estaban de acuerdo en cómo explicar lo que habían visto, pero al menos concordaban en que los dibujos que ambos publicaron eran ilustraciones de los mismos fenómenos. Las cosas no siempre son tan claras. El caso problemático clásico es el descubrimiento del oxígeno. En 1772 Carl Wilhelm Scheele descubrió algo que llamó «aire de fuego», mientras que, de manera independiente, en 1774 Joseph Priestley descubrió algo que denominó «aire deflogisticado» (el flogisto era una sustancia que se suponía que se emitía al arder: un oxígeno al revés). En 1777 Antoine Lavoisier publicó una nueva teoría de la combustión que clarificaba el papel del nuevo gas, al que llamó «oxígeno», que significaba «productor de ácidos» (derivado del griego), puesto que pensaba erróneamente que era un componente esencial de todos los ácidos. (La naturaleza de los ácidos no se aclaró hasta el trabajo de sir Humphry Davy en 1812). Incluso Lavoisier no comprendió claramente el oxígeno; el descubrimiento suele ser un proceso extendido en el tiempo, que solo puede identificarse de manera retrospectiva¹⁹⁹. En el caso del oxígeno puede decirse que empezó en 1772 y no terminó hasta 1812.

Hay quien afirma no solo que algunos descubrimientos son difíciles de precisar, sino que todas las afirmaciones de descubrimiento son esencialmente ficticias.

¹⁹⁸ Galilei y Scheiner, *On Sunspots* (2008).

¹⁹⁹ Kuhn, «Historical Structure of Scientific Discovery» (1962).

Aseveran que las declaraciones de descubrimientos se hacen siempre mucho después del suceso, y que en realidad (si es que acaso hay aquí una realidad) nunca hay un descubridor, sino siempre varios, y que nunca es posible decir exactamente cuándo se hace un descubrimiento²⁰⁰.

¿Cuándo descubrió Colón lo que ahora llamamos «América»? Nunca, porque nunca se dio cuenta de que no había llegado a las Indias²⁰¹. ¿Quién sí descubrió América? Waldseemüller, quizá, sentado a su mesa, porque fue el primero en comprender en su totalidad lo que Colón y Vespuccio habían hecho.

²⁰⁰ Schaffer, «Scientific Discoveries» (1986); y Schaffer, «Making Up Discovery» (1994).

²⁰¹ Este es el argumento de O'Gorman, *The Invention of America* (1961). O'Gorman complica las cosas al distinguir entre *discovery* e *invention* de una manera peculiar (9), pero su afirmación básica es que Waldseemüller descubrió América (123).



Johannes Hevelius con uno de sus telescopios (de la Selenographia, 1647, un mapa detallado de la luna). Hevelius, que vivió en Danzig, Polonia, construyó un telescopio enorme, de 45 m de longitud. También publicó un importante atlas estelar. (No hay dibujos o grabados que ilustren los telescopios de Galileo, y los dos que sobreviven de su manufactura no son tan potentes como el que utilizaba en 1610-1611. Así pues, no sabemos qué aspecto tenían sus propios telescopios astronómicos). (© The Royal Society, Londres).

El claro ejemplo del descubrimiento de las lunas de Júpiter muestra que estas declaraciones son superficialmente plausibles, pero equivocadas. Un error es el argumento de que las declaraciones de

descubrimiento son necesariamente retrospectivas porque «descubrimiento» es una «palabra de logro», como jaque mate en el ajedrez²⁰². Aprobar un examen de conducir es un logro del tipo que tienen en mente: solo podemos estar seguros de haber aprobado cuando llegamos al final de la prueba. Pero cualquier jugador de ajedrez competente puede planear un mate con varias jugadas de antelación; y sabe que ha ganado la partida no *después* de haber movido la pieza, sino tan pronto como ve la jugada que necesita hacer. El descubrimiento de Galileo de las lunas de Júpiter no fue como un jaque mate, ni como ganar una carrera: no lo planeó ni lo vio venir. Ni fue como un saque directo en tenis: solo sabemos que hemos servido una vez que nuestro contrincante no ha conseguido devolver la pelota. Fue como cantar entonado: sabía que lo hacía al mismo tiempo que lo hacía. Algunos logros son necesariamente retrospectivos (como ganar el premio Nobel, o descubrir América), algunos son simultáneos (como cantar entonado) y otros pueden ser prospectivos (como el jaque mate). Los descubrimientos científicos se presentan en las tres formas. Tal como hemos visto, el descubrimiento del oxígeno fue retrospectivo. El ejemplo clásico de descubrimiento simultáneo es el grito de «¡Eureka!» de Arquímedes. Supo que había encontrado la respuesta en el momento mismo en el que vio subir el nivel del agua en su bañera... que era la razón por la que todavía estaba desnudo y empapado mientras corría por las calles gritando la buena nueva. Y

²⁰² Schaffer, «Making Up Discovery» (1994), 13.

lo mismo con el descubrimiento de las lunas de Júpiter: Galileo tuvo un «momento eureka»^{CXX}.

Los casos realmente notables son los del descubrimiento prospectivo, puesto que refutan directamente la afirmación de que todos los descubrimientos son necesariamente construcciones retrospectivas. Así, en 1705, Halley, al haberse dado cuenta de que un cometa particularmente brillante reaparecía cada setenta y cinco años, aproximadamente, predijo que el cometa que ahora conocemos como «cometa Halley» volvería en 1758. El cometa reapareció justo a tiempo, el día de Navidad de 1758, pero en cualquier caso Halley había modificado su predicción en 1717 «hacia el final del año 1758, o a principios del siguiente»²⁰³. ¿Cuándo hizo Halley su descubrimiento? En 1705, naturalmente, cuando se dio cuenta del patrón de reaparición regular; aunque vale la pena tener en cuenta su predicción mejorada de 1717. Es seguro que no hizo su descubrimiento en 1758, cuando ya hacía tiempo que había muerto. El descubrimiento se *confirmó* en 1758 (y, en consecuencia, el cometa fue bautizado como «cometa Halley» en 1759), pero se *hizo* en 1705; no estamos leyendo algo retrospectivamente en las afirmaciones de Halley cuando decimos que predijo el retorno del cometa. De manera similar, Wilhelm Friedrich Bessel predijo la existencia de Neptuno sobre la base de

²⁰³ Broughton, «The First Predicted Return of Comet Halley» (1985); y Yeomans, Rahe y Freitag, «The History of Comet Halley» (1986).

anomalías en la órbita de Urano. La búsqueda del nuevo planeta empezó mucho antes de que fuera observado finalmente en 1846²⁰⁴. Wittgenstein explicaba que hay algunos términos que tenemos y utilizamos de manera bastante segura y que no podemos definir adecuadamente. Tomemos la palabra «juego». ¿Qué tienen en común el fútbol, los dardos, el ajedrez, el chaquete y el Scrabble? En algunos juegos se cuentan puntos, pero no en el ajedrez (excepto en los torneos). En algunos juegos solo hay dos bandos, pero no en todos; en realidad, algunos juegos (solitario, *keepy-uppy*) puede jugarlos una persona sola. Los juegos tienen, dijo Wittgenstein, un «parecido de familia», pero esto no significa que el término (o la diferencia entre un juego y un deporte) pueda definirse adecuadamente²⁰⁵.

Así, también, a medida que la categoría del descubrimiento se ha desarrollado a lo largo del tiempo ha acabado por incluir tipos de sucesos radicalmente diferentes. Algunos descubrimientos son observaciones (las manchas solares, por ejemplo). Otros, como los de la gravedad y la selección natural, se denominan por lo general teorías. Algunos son tecnologías, por ejemplo la máquina de vapor. La idea de descubrimiento no es más coherente o defendible que la idea de un juego; lo que quiere decir que la idea plantea a filósofos e historiadores todo tipo de dificultades, pero ello no significa que

²⁰⁴ Existe una diferencia de opinión respecto a cuándo puede decirse que Bessel hizo esta predicción. Compárese Bamford, «Popper and His Commentators on the Discovery of Neptune» (1996), 216, que dice 1823, y Smith, «The Cambridge Network» (1989), 398-399, que dice 1840. Morando, «The Golden Age of Celestial Mechanics» (1995), 216, indica «después de 1835».

²⁰⁵ Wittgenstein, *Philosophical Investigations* (1953), §§66-68.

tengamos que dejar de usarla. De hecho, en este sentido es típico de los conceptos clave que constituyen la ciencia moderna. Pero en el caso del descubrimiento tenemos un caso paradigmático claro: el caso del que deriva todo el lenguaje. Se trata del descubrimiento de América por Colón. ¿Quién descubrió América? Tanto Colón como el vigía de la *Pinta*. ¿Qué descubrieron? Tierra. ¿Cuándo la descubrieron? La noche del 11 al 12 de octubre de 1492.

Tanto Colón como el vigía, Rodrigo de Triana, podían afirmar haber hecho el descubrimiento. A un gran sociólogo, Robert Merton (1910-2003), le preocupaba la idea de que casi siempre hay muchas personas que pueden afirmar haber hecho un descubrimiento, y que cuando esto no ocurre se debe a que una persona ha hecho público con tanto éxito su propia reclamación (como hizo Galileo con su descubrimiento de las lunas de Júpiter) que otras reclamaciones quedan excluidas²⁰⁶. Merton fue un gran comunicador. Le debemos frases indispensables que condensan argumentos potentes, como «consecuencias involuntarias» y «profecía autocumplida»: una de sus frases, «modelo a seguir», ha pasado de la universidad al lenguaje diario. Como a todos los grandes comunicadores, le gustaba el lenguaje: escribió un libro entero acerca del término «serendipia», otro sobre la frase «situarse sobre los hombros de gigantes», y coeditó un volumen de citas

²⁰⁶ Merton, «Priorities in Scientific Discovery» (1957); Merton, «Singletons and Multiples» (1961); Merton, «Resistance» (1963); y Merton, *The Sociology of Science* (1973) (que reúne los artículos iniciales); véase también Lamb y Easton, *Multiple Discovery* (1984); y Stigler, «Stigler's Law of Eponymy» (1980).

de ciencias sociales²⁰⁷. Pero se lamentaba de que por más que lo intentar, no podía encontrar apoyos para la idea de descubrimientos múltiples (que también era una idea, señalaba, que había sido descubierta muchas veces).

No podemos, de alguna manera, abandonar la idea de que el descubrimiento, como una carrera, es un juego en el que una persona gana y todas las demás pierden. La idea del sociólogo es que toda carrera termina con un ganador, de manera que ganar es algo absolutamente predecible. Si la persona que va en cabeza tropieza y cae, el resultado no es que nadie gane, sino que gana otra persona. En cada carrera hay múltiples ganadores potenciales. Pero la opinión del participante es que ganar es un logro impredecible, un triunfo personal. Insistimos en pensar en la ciencia desde el punto de vista de un participante, no desde el de un sociólogo (o del de un editor). Merton tenía razón, según creo, en encontrar esto sorprendente, pues nos hemos acostumbrado a pensar en los beneficios y las pérdidas en los negocios a la vez desde el punto de vista del participante (el ejecutivo jefe con una visión estratégica) y desde el de la economía en su conjunto (pros y contras, expansión y recesión). De manera parecida, en medicina nos hemos acostumbrado a movernos hacia delante y hacia atrás entre historias de casos y argumentos epidemiológicos. No sé cuándo moriré, pero hay tablas que me dicen cuál es mi esperanza de vida,

²⁰⁷ Merton, *On the Shoulders of Giants* (1965); Merton y Barber, *The Travels and Adventures of Serendipity* (2006); y Sills y Merton, *International Encyclopedia of the Social Sciences: Social Science Quotations* (1991).

y las compañías aseguradoras me asegurarán sobre la base de dichas tablas. De algún modo, nos hipnotiza la idea del papel individual en el descubrimiento, de la misma manera que nos hipnotiza la idea de ganar; y, desde luego, esta obsesión tiene una función, pues impulsa la competencia y anima a esforzarse.

Para Merton los descubrimientos no son acontecimientos singulares (como ganar) sino múltiples (como cruzar la línea de meta). Joost Bürgi descubrió los logaritmos hacia 1588, pero no lo publicó hasta después que lo hiciera John Napier (1614). Harriot (en 1602), Snell (en 1621) y Descartes (en 1637) descubrieron de forma independiente la ley sinusoidal de la refracción, aunque Descartes fue el primero en publicar. Galileo (1604), Harriot (c. 1606) y Beeckman (1619) descubrieron independientemente la ley de la caída; solo Galileo lo publicó²⁰⁸. Boyle (1662) y Mariotte (1676) descubrieron de manera independiente la ley de Boyle. Darwin y Wallace descubrieron independientemente la evolución (y publicaron juntos en 1858). Los múltiples más asombrosos son aquellos en que varias personas afirman haber hecho un descubrimiento casi exactamente al mismo tiempo. Así, Hans Lipperhey, Zacharias Janssen y Jacob Metius afirmaron haber descubierto el telescopio alrededor del mismo momento en 1608. El lector podría pensar que los que creen que la idea del descubrimiento es una ficción recibirían con satisfacción dichos casos, pero no: en lo que a ellos concierne, los descubrimientos

²⁰⁸ Koyré, *Études Galiléennes* (1966), 80-158; y Schemmel, *The English Galileo* (2008).

múltiples también son ficciones. Una estrategia traída por los pelos que han empleado para socavar tales casos es sostener que en todas las situaciones en que las reclamaciones de descubrimiento las hacen personas diferentes que han hecho un descubrimiento, es que en realidad cada uno de ellos descubrió cosas diferentes. Es decir, Priestley y Lavoisier no descubrieron el oxígeno; hicieron descubrimientos muy diferentes²⁰⁹. Sin embargo, es evidente que Lipperhey, Janssen y Metius descubrieron (o afirmaron haber descubierto) exactamente la misma cosa.

Pero volvamos a nuestro ejemplo original, el de las manchas solares (dejando de lado el caso del telescopio, en el que se puede sospechar que hubo un descubridor verdadero y que los otros intentaron robarle la idea). Entre 1610 y 1612 cuatro personas diferentes descubrieron las manchas solares, cada una de ellas independientemente de las demás: Galileo, Scheiner, Harriot (que no lo publicó) y Johannes Fabricius. Sería posible que Galileo le robara la idea a Scheiner, o Scheiner a Galileo, pero los otros dos fueron realmente independientes, tanto entre sí como con respecto a los dos primeros. Puede haber realmente descubrimientos múltiples y simultáneos de lo mismo. Si se quiere decir que los cuatro hicieron descubrimientos diferentes porque interpretaron lo que vieron de manera algo diferente, entonces también tendrá que decirse que cuando Copérnico vio a Venus elevándose en el cielo matutino estaba observando un planeta diferente del que habían

²⁰⁹ Schaffer, «Scientific Discoveries» (1986), 400-406.

visto todos los astrónomos desde Ptolomeo, porque miraba a Venus mientras este orbitaba alrededor del sol mientras que ellos miraban a un Venus que orbitaba alrededor de la tierra²¹⁰. No obstante, todos pudieron ponerse de acuerdo acerca de las coordenadas del planeta que estaban mirando, y nadie ha afirmado nunca que Copérnico descubriera Venus. (En cambio, se podría aducir que la primera persona que se dio cuenta de que la Estrella Matutina y la Estrella Vespertina eran el mismo objeto —Tales o Parménides, según los historiadores antiguos— *había* descubierto Venus)²¹¹.

§ 8.

Como hemos visto, Bacon, que construyó una filosofía de la ciencia alrededor de la idea de descubrimiento, tomó a Colón como su modelo; cinco años después, Galileo era ensalzado como el Colón de la astronomía: *quasi novello Colombo* (el diminutivo es afectuoso²¹²). Con el descubrimiento llegó la competencia para ser el primero. Colón estaba determinado a insistir que él había visto tierra el primero porque Fernando e Isabel, los Reyes Católicos, habían prometido una pensión vitalicia a la primera persona que avistara tierra. Ofreció a Rodrigo de Triana el segundo premio de un jubón de seda. Galileo se apresuró a hacer imprimir su libro acerca de sus descubrimientos telescópicos porque temía que alguien le ganara la

²¹⁰ Hanson, *Patterns of Discovery* (1958), 4-30 (que se extiende mucho a la hora de establecer la tesis de Kuhn de los «mundos diferentes»); Putnam, *Meaning and the Moral Sciences* (1978), 22-25; y Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 226-229.

²¹¹ Burkert, *Lore and Science* (1972), 307.

²¹² Galilei, *Le opere* (1890), vol. 10, 296; véase también, por ejemplo, 372.

mano... y tenía razón en temerlo, porque Harriot ya estaba haciendo observaciones astronómicas con un telescopio. En particular, quería que su libro saliera a tiempo para poder enviar ejemplares a Fráncfort antes de la feria de libros de primavera²¹³. Galileo se apresuraba ante competidores desconocidos e imaginarios desde el momento en que se dio cuenta de que Júpiter tenía lunas. (No sabía nada de Harriot, pero sabía que los telescopios empezaban a hacerse comunes, y que pronto alguien los usaría para observar los cielos).^{cxxi}

Puesto que vivimos en una sociedad construida alrededor de la competencia, tenemos la tendencia a dar por sentado el comportamiento competitivo como un aspecto universal de la vida social. Pero debiéramos ser cautos al hacerlo. El nombre «competencia» aparece por primera vez en inglés en 1579, el verbo «competir» en 1620. En el francés de finales del siglo XVI, *concurrence* significa todavía «ir juntos» y todavía no «competencia»; en el italiano de principios del siglo XVII, *concorrente* solo está empezando a adoptar su significado moderno. Tampoco había un sinónimo obvio, al menos en inglés: «rival» (1577), «rivalizar» (1607) y «rivalidad» (1598) son aproximadamente contemporáneos de «competencia» y reflejan la necesidad de un nuevo lenguaje para el

²¹³ Wilding, *Galileo's Idol* (2014), 108-111.

comportamiento competitivo, un comportamiento que es tanto el resultado como la causa de la nueva cultura del descubrimiento²¹⁴. Individuos diferentes respondían de maneras distintas al nuevo espíritu generalizado de la competencia. En el caso del gran matemático Roberval, el resultado fue una convicción patológica de que otras personas le robaban sus ideas. Tal como Hobbes señalaba de su amigo, «Roberval tiene esta peculiaridad: siempre que alguien publica algún teorema notable que ha descubierto, anuncia de inmediato, en artículos que distribuye, que él lo había descubierto primero»²¹⁵. Newton esperó casi treinta años antes de publicar un informe completo de su descubrimiento del cálculo; nadie podía parecer menos interesado en reclamar la prioridad. Para cuando lo publicó, en 1693, estaba muy atrasado con respecto a Leibniz, que había publicado su versión algo diferente en 1684. Pero en los años posteriores a 1704 estalló una agria disputa entre ellos, por si Leibniz había visto un manuscrito de Newton y le había robado sus ideas. Los amigos de Newton tuvieron que presionarlo para que publicara su gran obra, los *Principia* (1687), en la que explicaba la gravedad. Dos años después, Leibniz publicó una teoría alternativa. Esto dio origen a otra disputa acerca de si Leibniz había llegado a

²¹⁴ Para *concurrere*, véase Leroy, *De la vicissitude* (1575); el *Vocabolario delli Accademici della Crusca* no da el sentido moderno de *concorrente* cuando define el término, sino que lo emplea en el sentido moderno cuando define *rivale*. Para los usos en inglés, véase el *OED* (también *emulation*, 1552), pero para el primer uso de *competition*, véase Stubbes, *The Discoverie of a Gaping Gulf* (1579), E5r.

²¹⁵ Citado de Hobbes, *Examinatio et emendatio* (1660), en Malcolm, «Hobbes and Roberval» (2002), 164-165 (traducción de Malcolm).

sus teorías de manera independiente, como afirmaba, o las había ensamblado sobre la base de una lectura de los *Principia*. La primera acusación contra Leibniz era errónea e injusta, pero Newton insistió en ella de manera implacable, incluso escribiendo él mismo lo que se suponía que era un juicio imparcial por parte de la Royal Society sobre los pros y contras de la disputa. La segunda acusación, como han demostrado estudios recientes, era bien fundada. En este sentido, Leibniz era realmente un plagiaro. Sin buena razón y con todas las buenas razones, Newton quedó atrapado en lo que había de resultar la más acerba y extensa de todas las disputas de prioridad, y se quejaba amargamente que «le habían robado sus descubrimientos»²¹⁶.

Si Newton, quien durante tanto tiempo pareció indiferente a estos asuntos, no pudo resistir entablar batalla en su propio interés, fue porque sus amigos y discípulos no esperaban menos de él. Estaba inmerso en una cultura que se hallaba obsesionada por las declaraciones de prioridad (el propio Newton fue el blanco de acusaciones de plagio por parte de Hooke, quien insistía que le había dado la ley del cuadrado inverso, un obsequio que Newton se negó a reconocer).²¹⁷ Había más cosas en la cultura de la nueva ciencia (como veremos) que únicamente la competencia, pero la competencia estaba en su meollo; en realidad, no hubiera habido ciencia sin ella.

²¹⁶ Hall, *Philosophers at War* (1980); Bertoloni Meli, *Equivalence and Priority* (1993). Sobre disputas de prioridad: Iliffe, «In the Warehouse» (1992).

²¹⁷ Westfall, *Never at Rest* (1980), 446-453, 471-472, 511-512.

La existencia de competencia entre científicos es por sí misma evidencia de que la idea de descubrimiento está presente; y donde no hay competencia, no hay concepto de descubrimiento. La afirmación de que el descubrimiento fue, a todos los efectos, nuevo, es una afirmación fuerte, pero es fácil ponerla a prueba otra vez (porque ya la pusimos a prueba una vez al buscar descubrimientos en *De inventoribus rerum* de Virgilio²¹⁸). ¿Cuándo fue la primera disputa por la prioridad? Con ello quiero decir no una disputa por la prioridad que haya sido construida posteriormente por los historiadores (¿Quién descubrió primero América, Colón o los vikingos?), sino una que provocara conflicto en su época. Mucho antes de la disputa acerca de quién había descubierto las manchas solares (de 1612 en adelante) hubo una agria disputa en los años posteriores a 1588 entre Tycho Brahe y Nicolaus Reimers Baer, conocido como «Ursus» («el Oso»), sobre quién había descubierto la cosmología geoheliocéntrica. Brahe publicó poco antes que Ursus, pero Ursus declaró un desarrollo independiente (la hipótesis, afirmaba, no era realmente nueva); Brahe negó vigorosamente ambos extremos^{cxxii 219}. Ambos presentaron asimismo reclamaciones rivales por haber inventado la técnica matemática de la prostaféresis, que era importante para hacer cálculos extensos antes de la invención de los logaritmos (los logaritmos son otro

²¹⁸ Por alguna razón, Merton, aunque empezó como historiador de la ciencia, nunca desarrolló la línea de argumentación que voy a presentar ahora. Pero véase Merton, *Science, Technology and Society* (1970) [1938], 169, n. 30.

²¹⁹ Jardine, *The Birth of History and Philosophy of Science* (1984).

descubrimiento múltiple, puesto que fueron descubiertos de manera independiente por John Napier en 1614 y Joost Bürgi en 1620²²⁰). Pero Brahe y Ursus no inventaron la disputa de prioridad; más bien se preocupaban de la prioridad porque los matemáticos se la habían tomado en serio al menos desde 1520²²¹.

En 1520, Scipione del Ferro descubrió un método para resolver las ecuaciones cúbicas. Del Ferro enseñó el método a uno de sus estudiantes, pero lo descubrió de forma independiente Niccolò Fontana, conocido como «Tartaglia» (un apodo que significa «tartamudo»). Tartaglia venció al estudiante de Del Ferro en un «duelo» público en el que competían para mostrar sus proezas matemáticas (y para reclutar estudiantes; en las ciudades-estado de la Italia del Renacimiento la educación matemática era crucial para el éxito comercial, pero el conjunto de estudiantes potenciales era limitado, lo que producía una fuerte competencia entre los matemáticos para captarlos). El matemático y filósofo Girolamo Cardano persuadió a Tartaglia para que le transmitiera el secreto engañándole en el sentido de que obtendría una recompensa financiera importante, pero Cardano juró guardar el secreto y Tartaglia codificó el secreto en un poema de modo que posteriormente pudiera demostrar su propia prioridad. Poco después, Cardano descubrió que Del Ferro había conocido el secreto antes que Tartaglia, de modo que consideró que podía liberarse de

²²⁰ Clark y Montelle, «Priority, Parallel Discovery and Pre-Eminence» (2012).

²²¹ Para un posible ejemplo anterior, Van Brummelen, *The Mathematics of the Heavens* (2009), 182.

su juramento y publicó la técnica en 1545... lo que condujo a una agria disputa entre Cardano y Tartaglia y a un «duelo» posterior entre un alumno de Cardano y Tartaglia (que ganó el alumno de Cardano²²²).

Este pequeño episodio demuestra claramente cuáles son las precondiciones para las disputas de prioridad. Primero, tiene que haber una comunidad de expertos bien trabada que compartan criterios mediante los que identificar lo que constituye el éxito (esto es aparente en los «duelos»). Segundo, esta comunidad de expertos ha de tener una base de conocimiento compartida que les permita establecer si un resultado es no solo correcto sino también nuevo. Tercero, ha de haber maneras de establecer la prioridad: el poema en código de Tartaglia es una estratagema para demostrar que él ya tiene la solución aunque la mantenga en secreto. (En 1610, empleando un método parecido, Galileo publicó anagramas para demostrar que había descubierto las fases de Venus y la extraña forma de Saturno, aunque todavía no había anunciado estos descubrimientos; Robert Hooke anunció primero lo que ahora llamamos «ley de la elasticidad de Hooke» publicando un anagrama en 1660; y Huygens, al descubrir la luna de Saturno —que ahora se llama Titán— y el anillo de Saturno, hizo de forma parecida en anagramas para proteger sus declaraciones de prioridad).²²³ Finalmente, tiene que haber un mecanismo para dar publicidad a

²²² Hellman, *Great Feuds in Mathematics* (2006); Toscano, *La formula segreta* (2009).

²²³ Biagioli, «From Ciphers to Confidentiality» (2012).

nuestro conocimiento; Cardano, por ejemplo, publica un libro. En circunstancias normales es la *publicación* lo que crea, en primer lugar, una comunidad de expertos y un cuerpo establecido de conocimiento (estas son, por así decirlo, dos caras de una moneda), y entonces hace posible una declaración indiscutible de prioridad.

No es imposible imaginar disputas de prioridad sin la imprenta, pero de hecho no hay disputas de prioridad que conozcamos que sean previas a la publicación^{cxxiii}. Si retrocedemos, por ejemplo, hasta la antigua Roma, donde Galeno se enzarzaba en disputas públicas con otros médicos de manera parecida a los duelos entre matemáticos en la Italia del Renacimiento, encontramos gran cantidad de competencia entre expertos autoproclamados; lo que falta es el acuerdo acerca de qué es lo que constituye la pericia, y por lo tanto en cómo identificar un ganador²²⁴. La extraordinaria logorrea de Galeno (las obras suyas que han sobrevivido suman tres millones de palabras, y representan quizá la tercera parte de lo que escribió) es la consecuencia de sus esfuerzos obsesivos y fútiles para salvar este obstáculo insuperable. Irónicamente, en las universidades de la Europa medieval todos los médicos aceptaban que Galeno era la encarnación del saber médico. En Roma había habido competencia entre varias escuelas médicas (empíricos, metodistas, racionalistas) sin ningún ganador claro; en la universidad hubo un ganador y ninguna competencia^{cxxiv}; en el

²²⁴ Mattern, *Galen and the Rhetoric of Healing* (2008); Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 6-8, 10-11, 132.

Renacimiento, la imprenta creó por primera vez las condiciones para la competencia real, es decir, a la vez para el conflicto y la victoria. En anatomía el proceso se inició bastante más tarde que en matemáticas. En 1543 Andrés Vesalio [Andreas Vesalius] publicó *De humani corporis fabrica*, en el que identificaba gran cantidad de errores en las obras de Galeno. Competía con Galeno, pero todavía no había una comunidad de anatomistas en la que unos compitieran con los otros, y Vesalio no estaba en el negocio de los que reclamaban prioridad para sus descubrimientos. Lo que hizo fue establecer una línea de base que permitió a otros realizar reclamaciones de prioridad. (Como hemos visto, tanto Ingrassia como Falloppio pudieron reclamar un descubrimiento, el huesecillo estribo, sobre la base de haber visto algo que Vesalio no había mencionado).

Una de las afirmaciones fundamentales de Merton sobre la ciencia es que el conocimiento científico es conocimiento público: conocimiento que se pone a disposición de otros para que lo cuestionen, lo sometan a prueba y lo debatan²²⁵. El conocimiento que se mantiene privado no es realmente conocimiento científico en absoluto, porque no ha sobrevivido la prueba de la revisión por iguales. De modo que no puede haber ciencia hasta que hay una manera segura de hacer público el conocimiento. Y los descubrimientos que nunca se hacen públicos, o que se hacen públicos solo mucho tiempo después de haberse realizado, no son

²²⁵ Merton, *The Sociology of Science* (1973), 273-275.

realmente descubrimientos^{CXXV}. Las disputas de prioridad son un indicador infalible de que el conocimiento se ha hecho público, progresivo y orientado al descubrimiento. Así, su primera aparición en una disciplina señala un momento crucial en la historia de dicha disciplina, cuyo inicio, en retrospectiva, podemos denominar «modernidad». Hemos visto que aparece primero en las matemáticas, y que en 1561 Falloppio estaba enzarzado en una disputa de prioridad con Colombo acerca de quién había descubierto el clítoris²²⁶. Puesto que hacía poco que Colombo había muerto y que Falloppio murió en 1562, el debate lo continuó Leone Carcano, discípulo de Falloppio. Un siglo después, en los años posteriores a 1653, se originó una agria disputa entre Thomas Bartholin y Olof Rudbeck acerca del descubrimiento del sistema linfático humano²²⁷. Cuando hay disputas de prioridad vituperiosas, hay que buscar maneras de resolverlas. Brahe se embarcó en un pleito judicial contra Ursus (que murió antes de que el asunto llegara a juicio), pero era evidente que los tribunales carecían de la experiencia requerida²²⁸. De modo que la disputa entre Reinier de Graaf y Jan Swammerdam sobre el descubrimiento del huevo en el interior del ovario, que se inició en 1762, se trasladó a la Royal

²²⁶ Park, «The Rediscovery of the Clitoris» (1997).

²²⁷ Ambrose, «Immunology's First Priority Dispute» (2006).

²²⁸ Serrano, «Trying Ursus» (2013).

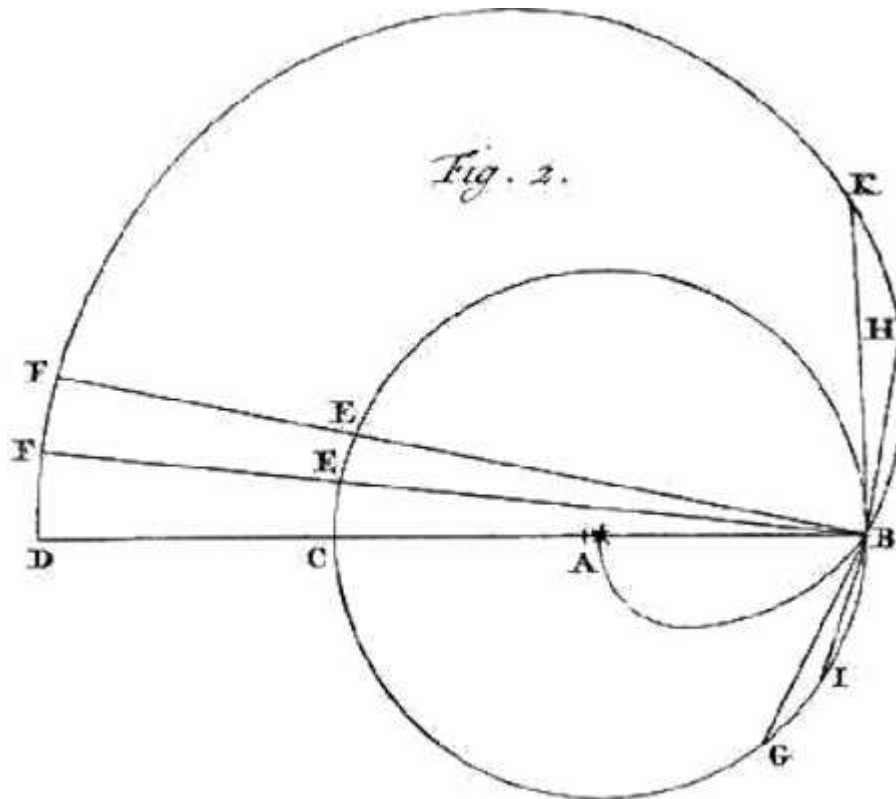
Society en Londres para su adjudicación²²⁹. La Society no concedió prioridad a ninguno de los dos contendientes, sino a Niels Steno.

De igual importancia que las disputas de prioridad es el dar nombre a los descubrimientos. Los descubridores científicos suelen reclamar el derecho de dar nombre a sus descubrimientos, en imitación de los descubrimientos de nuevas tierras: Ingrassia denominó estribo al huesecillo, Galileo llamó a las lunas de Júpiter planetas mediceos y Lavoisier dio nombre al oxígeno. A menudo, los descubrimientos se bautizan con el nombre de sus inventores; desde 1597 fue común distinguir tres sistemas del cosmos, los de Ptolomeo, Copérnico y Brahe²³⁰. Étienne Pascal, padre de Blaise, descubrió una curva matemática sorprendente en 1637: en 1650 su amigo Gilles de Roberval la llamó el caracol de Pascal (o, mejor dicho, quizá por respeto a la modestia de Étienne Pascal, porque este todavía vivía, el caracol del Sr. P.)²³¹.

²²⁹ Ruestow, *The Microscope in the Dutch Republic* (1996), 47-48; Cobb, *Generation* (2006), 155-187.

²³⁰ Röslin, *De opere Dei creationis* (1597). (Debo esta referencia a Adam Mosley). Compárense los tres sistemas médicos en Severinus, *Idea medicinae philosophicae* (1571). Hasta donde yo sé, Brotton se equivoca al afirmar que Brahe dio de manera inmodesta su propio nombre a su sistema: Brotton, *A History of the World in Twelve Maps* (2012), 266.

²³¹ <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Curves/Limacon.htm>.



La curva matemática llamada «el caracol del Sr. P[ascal]», tomada de las Mathematical Works (1731) de Roberval. (Universidad de Leeds, Special Collections, Brotherton Library).

Tales nombres son en sí mismos declaraciones de prioridad, hechas en beneficio de los descubridores originales por sus admiradores, y la analogía implícita es con la denominación de América^{cxxvi}. Esto explica por qué no hay partes del cuerpo que hayan recibido nombre por Hipócrates o Galeno, ninguna estrella que lleve el nombre por Ptolomeo, ningún organismo nombrado por Aristóteles o Plinio. El juego de dar nombre es inseparable del juego del descubrimiento; no podía existir antes de los viajes de descubrimiento. De hecho, para que el juego de dar nombre funcione los científicos tienen que hacer declaraciones de prioridad que puedan progresar en su

beneficio. Incluso Vesalio, el primer gran anatomista del Renacimiento, no estaba en el negocio de reclamar prioridad, que es la razón por la que, a pesar de toda su originalidad, no hay partes del cuerpo que lleven su nombre.

§ 9.

Hubo una comprensión inmediata de que había algo nuevo en los descubrimientos geográficos en la decisión de Waldseemüller en 1507 para llamar «América» a las tierras exploradas por Vespuccio; muy pronto este se convirtió en el nombre del continente en su conjunto²³². La eponimia (dar nombre a cosas a partir de personas) no había sido previamente una práctica común. Desde luego, no era desconocida: el cristianismo, después de todo, recibía su nombre por Cristo. Y, siguiendo el mismo modelo, las herejías recibían el nombre por sus originadores: donatismo y arrianismo, por ejemplo. También había algunas ciudades bautizadas en función de sus fundadores: Alejandría por Alejandro, Cesárea por César Augusto, Constantinopla por Constantino^{cxxvii}. Un conjunto importante de tablas astronómicas, las Tablas alfonsíes, recibieron este nombre

²³² En el mapa de Waldseemüller, «América» no parece referirse al continente en su conjunto, pero es evidente que su colaborador Matthias Ringmann, en un libro que acompaña al mapa, pretendía que el nuevo nombre se refería al continente en su conjunto, y ya en 1520 aparece en los mapas con este significado: Meurer, «Cartography in the German Lands, 1450-1650» (2007), 1205. En otros mapas continuó empleándose «Asia» hasta al menos 1537: Rosen, «The First Map to Show the Earth in Rotation» (1976), 174, reimpresso en Rosen, *Copernicus and His Successors* (1995). Sobre el nombre de América, Johnson, «Renaissance German Cosmographers» (2006), aunque, lamentablemente, da la eponimia por sentada.

por el hombre que las había patrocinado, Alfonso X, rey de Castilla (1221-1284 ²³³).

A medida que los navegantes portugueses exploraban la costa de África la cartografiaban y la nombraban, a menudo utilizando nombres procedentes de los pueblos locales, o bien usando los nombres de santos. Al fin, en 1488 Bartolomé Díaz alcanzó el extremo austral del continente, al que llamó cabo de Buena Esperanza. Más allá del cabo, el punto más alejado al que Dias llegó fue bautizado por él como Rio do Infante, por el príncipe Henrique, ahora llamado «el Navegante»²³⁴. Colón llamó a las islas que había descubierto San Salvador, Santa María de la Concepción, Fernandina, Isabela, Juana e Hispaniola; y la primera ciudad española recibió el nombre de La Navidad; todos estos nombres se refieren a la doctrina cristiana o a la familia real española. La única característica del Nuevo Mundo que recibiera el nombre de un plebeyo antes de 1507 parece haber sido el Rio de Fonsoa, así llamado por un patrocinador de la expedición de 1499 ²³⁵. La eponimia recibió un enorme impulso con la práctica de dar nombre a las nuevas tierras en función de los patrocinadores de los descubridores (las Filipinas por Felipe II de España; Virginia por Isabel I, la Reina Virgen; Carolina por Carlos I), pero casi siempre se trataba de reyes y reinas (una excepción es la Tierra de Van

²³³ El uso más antiguo que he encontrado del adjetivo «alfonsí» (en latín) es de 1483, pero puede ser que haya presencias anteriores.

²³⁴ Randles, «Bartolomeu Dias» (2000), 26.

²³⁵ McIntosh, *The Johannes Ruysch and Martin Waldseemüller World Maps* (2012), 17.

Diemen, nombrada por el gobernador general de las Indias Orientales Holandesas en 1642, pero solo mucho más tarde vuelta a bautizar en honor de Abel Tasman, que la descubrió^{cxxviii}).

Como la idea misma de descubrimiento, la eponimia pronto pasó de la geografía a la ciencia. Lo nuevo que esto era lo indica el intento de Galileo, en 1610, cuando daba el nombre a las lunas de Júpiter, recién descubiertas, de «estrellas mediceas», de encontrar un precedente para dar el nombre de una persona a una estrella. El único ejemplo que pudo encontrar fue un intento de Augusto de dar el nombre de Julio César a un cometa (un intento fútil, porque, desde luego, el cometa, que ahora es conocido como cometa Halley, desapareció rápidamente²³⁶). Augusto, naturalmente, afirmaba que César no era una persona, sino un dios, porque los planetas recibieron nombres procedentes de los dioses (y el principio continuó respetándose al dar nombre a los nuevos planetas descubiertos: Urano, Neptuno, Plutón^{cxxix}).²³⁷ En latín, los días de la semana recibían el nombre de los planetas (incluidos el sol y la luna, que en el sistema ptolemaico eran planetas); en los idiomas germánicos algunos de ellos recibieron otro nombre según los dioses paganos. Américo Vespucio, por otro lado, no era ninguna divinidad, ni emperador ni rey. La eponimia había descendido de golpe a la tierra.

²³⁶ Galilei, *The Essential Galileo* (2008), 46.

²³⁷ Sobre el éxito de Galileo al elevar a los Médici entre los dioses paganos, Aggiunti, *Oratio de mathematicae laudibus* (1627), 20.

En geografía el juego del descubrimiento y el juego de dar nombre iban de la mano; pero en ciencia el segundo fue más lento a la hora de ponerse en marcha que el primero. Esto no es obvio para nosotros porque a su debido tiempo los descubrimientos clásicos acabaron por relacionarse con los nombres de sus descubridores. «El principio de Arquímedes» (que un objeto flotará si el peso del líquido desplazado es igual al peso del objeto) no parece que recibiera este nombre hasta 1697²³⁸. Un diccionario etimológico y técnico de 1721 contiene solo dos ejemplos de eponimia, aparte de los tres sistemas astronómicos de Ptolomeo, Brahe y Copérnico (o Pitágoras): las trompas de Falloppio y un nervio llamado «accessorius Willisii», descubierto por Thomas Willis (1621-1675)²³⁹. Así, ¿cuándo empezó la eponimia en ciencia? Como hemos visto, en geografía la eponimia es muy rara antes de haber dado nombre a América, y América siguió siendo una excepción por haber recibido el nombre de un plebeyo. Cicerón había empleado los adjetivos *pitagórico*, *socrático*, *platónico*, *aristotélico* y *epicúreo*, de modo que es natural que encontremos muy pronto adjetivos derivados de otros filósofos: *hipocrático* (c. 1305), *tomista* (1359), *occamista* (1436) y *escotista* (1489), aunque muchos de estos términos entraron muy lentamente en el habla vernácula; aparte de *epicúreo* (que aparece en la Biblia de Wycliffe de 1382), no puedo encontrar ninguno en

²³⁸ Ramazzini y St Clair, *The Abyssinian Philosophy Confuted* (1697).

²³⁹ Bailey, *An Universal Etymological English Dictionary* (1721).

inglés, ni siquiera «platónico», antes de 1531 (cuando aparece «escotista»²⁴⁰).

Lo que nos parece el proceso obvio de dar nombre a ideas y descubrimientos añadiéndoles el nombre de su autor (en la actualidad padezco no menos de tres condiciones médicas que tienen el nombre de sus descubridores) no era algo común antes de la invención de descubrimiento^{cxix} ²⁴¹. «Algoritmo», a partir de la forma latina del nombre del matemático persa al-Jwārizmī (780-850), se remonta al menos a principios del siglo XIII, pero este parece ser un caso aislado²⁴². El «teorema de Menelao», que recibe el nombre de Menelao de Alejandría (70-140), que es el fundamento matemático de la astronomía ptolemaica, había sido atribuido explícitamente a Menelao por Proclo en el siglo V. En 1560, en el margen de su traducción de Proclo, Francesco Barozzi lo llamó teorema de Menelao (*Demonstratio Menelai Alexandrini*), aunque era conocido por los árabes y los comentaristas medievales como la Figura Transversal²⁴³. En el índice, pero no en el texto ni en las notas marginales, el teorema de Pitágoras recibía este nombre (previamente había sido conocido como dulcarnón, del término árabe de «dos cuernos», por el aspecto del esquema que lo

²⁴⁰ Hipocratista: Siraisi, *Taddeo Alderotti* (1981), 40; Escotista: Gerson, *Opera* (1489), índice, s.v. *distinctionis*; el resto del *OED*.

²⁴¹ Sobre la eponimia se ha escrito poco, pero hay un interesante diccionario de epónimos médicos en

²⁴² Véase *OED*, *algorism*.

²⁴³ Proclo y Euclides, *In primum Euclidis* (1560), 207; y Van Brummelen, *The Mathematics of the Heavens* (2009), 56.

acompañaba). De hecho, el índice demostraba una determinación sistemática para relacionar ideas con sus autores originales siempre que fuera posible, y en el texto y en el índice Barozzi incluso califica detenidamente un comentario como «el *scholium*^{cxxxi} de Francesco Barozzi». Puesto que ahora cada nueva idea tenía que tener un autor, allí donde no se podía encontrar un autor se señalaba su ausencia; el *scholium* de Barozzi era una réplica al «*scholium* de un autor desconocido», que se encontraba en un manuscrito antiguo²⁴⁴. Esto era nuevo: Vitruvio, publicado por primera vez en 1486, había descrito el método de Platón para duplicar el área de un cuadrado, la invención de la escuadra de Pitágoras (ambos aplicaciones prácticas del teorema de Pitágoras), y el descubrimiento del principio de Arquímedes, pero los índices de las diversas ediciones de Vitruvio muestran que los nombres llegaron a asociarse a las ideas muy lentamente. La traducción alemana de 1548 es la primera que proporciona una gama extensa de entradas de nombres, pero incluso esta, aunque tiene entradas para Arquímedes y Pitágoras, no tiene ninguna para el principio de Arquímedes o la escuadra de Pitágoras²⁴⁵.

²⁴⁴ Proclo y Euclides, *In primum Euclidis* (1560), 198, 200.

²⁴⁵ Proclo y Euclides, *In primum Euclidis* (1560), índice (bajo *admirabile*), compárese 134, 270; Drayton, *Poly-Olbion* (1612), A3rv, ofrece varias versiones del origen del nombre. Es verdad que había una cierta incertidumbre acerca de si fue realmente Pitágoras el originador del teorema: Proclo había sido cauto a la hora de informar de la atribución (e incluso había llegado a presentar el teorema como si su importancia fuera limitada). Vitruvio, *Zehen Bücher* (1548).

En 1567, el gran lógico y matemático protestante Petrus Ramus se refería a «las leyes de Ptolomeo» y «las leyes de Euclides»²⁴⁶. Pero Ramus miraba muy lejos en el pasado. De hecho, se puede formular una ley general (la ley de Wootton, desde luego, puesto que nuestro tema es la eponimia): cuando un descubrimiento científico tuvo lugar antes de 1560 y recibió el nombre de su descubridor (o supuesto descubridor), el bautizo de dicho descubrimiento tuvo lugar mucho después del acontecimiento. Así, para tomar un ejemplo al azar, Leonardo Pisano, conocido como «Fibonacci», es el supuesto descubridor de la serie de números de Fibonacci. Escribió en 1202, pero se le dio su nombre en la década de 1870²⁴⁷.

Si 1560 señala el inicio efectivo de la eponimia en ciencia^{cxxxii}, la práctica no empezó a extenderse y a emplearse para referirse a los descubrimientos contemporáneos hasta después de 1648, el año en el que el experimento estándar del vacío (que implicaba un largo tubo de vidrio cerrado en un extremo y un baño de mercurio) llegó a conocerse como el experimento de Torricelli^{cxxxiii}. (El experimento se realizó primero en 1643, pero al principio no se supo de manera general que su inventor fuera Evangelista Torricelli; tal como hemos visto, en 1650 Roberval dio el nombre de Étienne Pascal a una curva matemática). En 1651 Pascal reaccionó horrorizado ante la sugerencia de que él hubiera intentado hacer pasar el experimento de Torricelli como suyo: todos comprenderían, insistía, que ello sería

²⁴⁶ Ruby, «The Origins of Scientific "Law"» (1986), 357.

²⁴⁷ Devlin, *The Man of Numbers* (2011), 145.

el equivalente académico del robo²⁴⁸. Lo que le parecía evidente a Pascal, que alguien pudiera «poseer» una idea o un experimento, habría sorprendido a todo el mundo antes de 1492^{cxxxiv}. Efectivamente, «plagio» no se convierte en una palabra en inglés hasta 1598, «plagiarismo» hasta 1621, «plagiar» hasta 1660, «plagiario» hasta 1674²⁴⁹. En 1646 Thomas Browne compiló numerosos ejemplos de autores griegos y romanos de textos que habían sido copiados enteros y que habían aparecido bajo el nombre de otro autor^{cxxxv}. «La práctica de la transcripción en nuestros días no era un monstruo en los suyos: el plagio no tuvo su natividad con la imprenta —concluía—, sino que empezó en tiempos en que los robos eran difíciles», porque había pocos libros²⁵⁰. Lo que era nuevo no era la práctica de copiar a otros, sino la idea de que esto era algo de lo que había que avergonzarse. No se le ocurrió a Browne que la idea de propiedad intelectual le debía tanto a Colón como a la imprenta.

Hacia mediados del siglo XVII hay una inundación de adjetivos que aparecen en inglés para los experimentos, las teorías o los descubrimientos científicos, todos basados en los nombres de

²⁴⁸ Pascal, *Oeuvres* (1923), 478-495; Dear, *Discipline and Experience* (1995), 186-189. (Koyré encontraba que estas protestas eran insinceras: Koyré, *Études d'histoire de la pensée scientifique* (1973), 378). De manera similar, Pascal afirmaba que puesto que era él quien había inventado el experimento de vacío en el vacío, él merecía el crédito por los descubrimientos que hicieron otros con versiones modificadas del mismo; para una reclamación parecida que hizo Leibniz, véase Bertoloni Meli, *Equivalence and Priority* (1993), 6.

²⁴⁹ *Plagiary*: hay una aparición en 1585 en el EEBO, que no está registrada en el *OED*, pero esta en el sentido etimológicamente correcto de «secuestrador».

²⁵⁰ Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), 22.

científicos. En 1647 Robert Boyle se refería a «los ptolomeicos, los ticonianos, los copernicanos»²⁵¹. A estos los siguieron «galénico» (1654), «helmontiano» (1657²⁵²), «torricelliano» (1660), «falopiano» (1662²⁵³), «pascaliano» (1664), «baconiano» (1671²⁵⁴), «euclidiano» (1672), «boyleano» (1674) y «newtoniano» (1676²⁵⁵). A principios del siglo XVIII, las leyes científicas comienzan a llevar el nombre de sus descubridores. (La idea de una ley científica era asimismo nueva, que es la razón por la que incluso ahora no existen leyes que lleven el nombre de matemáticos y filósofos antiguos; a diferencia de Ramus, no hablamos de las leyes de Euclides o de Ptolomeo, porque por «ley» Ramus quería decir una definición matemática, no una regularidad en la naturaleza). Así, tenemos la ley de Boyle (1708²⁵⁶), la ley de Newton (1713)²⁵⁷ y la ley de Kepler (1733²⁵⁸). La cartografía de la luna, que empezó con Van Langren en 1645, proporcionó un precedente crucial para conferir nombres epónimos, lo que ayudó a transferirlos de la geografía a la astronomía. Los primeros selenógrafos tenían tantos rasgos que nombrar que se encontraron honrando tanto a los antiguos como a los modernos, tanto a adversarios como a aliados. Giovanni Battista Riccioli, un jesuita

²⁵¹ OED, s.v. *Ptolemean*.

²⁵² Starkey, *Nature's Explication and Helmont's Vindication* (1657).

²⁵³ Bartholin, Walaeus y otros, *Bartholinus Anatomy* (1662).

²⁵⁴ Stubbe, *An Epistolary Discourse Concerning Phlebotomy* (1671).

²⁵⁵ Fechas del OED, a menos que se diga lo contrario; en latín, *boyliano* se origina con Line, *Tractatus de corporum inseparabilitate* (1661).

²⁵⁶ Harris, *Lexicon technicum* (1704).

²⁵⁷ Reynolds, *Death's Vision* (1713).

²⁵⁸ Voltaire, *Letters Concerning the English Nation* (1733).

defensor de Brahe, dio el nombre de Copérnico a un cráter. Esto no demuestra, como algunos han imaginado, que fuera secretamente un copernicano, solo que había muchos cráteres que nombrar.

§ 10.

El descubrimiento no es en sí mismo una idea científica, sino más bien una idea que es fundacional para la ciencia: podríamos llamarla una idea metacientífica. Es difícil imaginar cómo se puede tener una forma de ciencia (en el sentido en que ahora nosotros utilizamos el término) que no afirmara haber hecho progresos y que no presentara dichos progresos en términos de adquisiciones específicas de nuevo conocimiento. La metáfora de desvelar, el caso paradigmático de los viajes de descubrimiento, la insistencia en que hay un descubridor y un momento de descubrimiento, la práctica de la eponimia, y otras maneras más recientes de señalar el descubrimiento, como la concesión del premio Nobel (1895) o la medalla Fields (1936)... estos son a buen seguro aspectos de una cultura local, pero *cualquier* cultura científica necesitaría un conjunto alternativo de conceptos que cumplieran la misma función de señalar el cambio, y de incitarlo. Como hemos visto, la ciencia helenística, la ciencia de Arquímedes, proporciona un interesante caso de prueba. Tenía muchas de las características de lo que llamamos «ciencia» (de hecho, los primeros científicos modernos intentaban simplemente imitar a sus predecesores griegos) y tenía, en la heurística, una comprensión rudimentaria de la ciencia

como descubrimiento²⁵⁹. No obstante, ningún griego antiguo acuñó una medalla con la palabra *Eureka* en ella y empezó a concederla a científicos con éxito, de la misma manera que concedemos la medalla Fields a matemáticos de éxito. En cambio, el *Sidereus nuncius* (1610) de Galileo empieza con el autor proclamando (un poco indirectamente, por mor de la modestia) su propia afirmación de fama inmortal, una proclama que ninguna estatua ni medalla, nos dice, podría reconocer de forma adecuada²⁶⁰. Por aquel entonces no había premios ni medallas para los logros científicos; pero en la imaginación de Galileo estas recompensas ya existían. Francis Bacon, en su *New Atlantis* (1627), imaginaba una galería que contenía las estatuas de los grandes inventores (como Gutenberg) y descubridores (como Colón²⁶¹). En 1654 Walter Charleton pidió que se erigiera «un coloso de oro» en honor de Galileo²⁶². El premio Nobel es simplemente una nueva versión del coloso de Charleton.

El descubrimiento se inició como un concepto local, simbolizado al principio por la construcción de nuevas «Columnas de Hércules» por los exploradores portugueses que avanzaban a lo largo de las costas de África. Con ello llegó la palabra *descubrimiento*, que primero significó «exploración» y después «descubrimiento»; y después este término, en sus equivalentes vernáculos, se extendió por Europa. ¿Se trata de una narración local, o de una narración intercultural?

²⁵⁹ Zhmud, *The Origin of the History of Science* (2006).

²⁶⁰ Galilei, *The Essential Galileo* (2008), 45.

²⁶¹ Bacon, *Sylva sylvarum* (1627), 45-46 = Bacon, *Works* (1857), vol. 3, 165-166.

²⁶² Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 3.

El descubrimiento empezó como un concepto confinado a una actividad concreta (navegar hacia Asia) y a una cultura concreta (el Portugal del siglo XV), pero pronto se convirtió en un concepto disponible por toda Europa occidental. Era la precondition esencial para la nueva era de la revolución intelectual. Porque es un concepto necesario que cualquier sociedad que se viera mejorando el conocimiento tendría que desarrollar. La amplia diseminación por toda Europa de palabras que significaban «descubrimiento» en los siglos XVI y XVII refleja, en primer lugar, la difusión de un nuevo tipo de conocimiento cartográfico, una forma de conocimiento que pudo haber sido local al principio, pero que rápidamente se hizo intercultural (de la misma manera que el barco portugués para navegar por el mar, la carraca, fue rápidamente imitado en toda Europa). Vale la pena hacer notar que los nuevos descubrimientos geográficos fueron aceptados rápidamente en toda Europa: no era necesario ser español para creer que Colón había descubierto un nuevo continente. Pero también refleja, en segundo lugar, la extensión de una nueva cultura, orientada hacia el progreso. Una vez se hubo establecido la idea de descubrimiento, se expandió desde la geografía a otras disciplinas. También esto es una forma de transmisión intercultural.

Durante un tiempo considerable (algunos siglos) el nuevo conocimiento científico estuvo confinado dentro de los límites de Europa y en los buques y las colonias de los europeos en el extranjero. Toda Europa se demostró capaz (algunas regiones más que otras, desde luego) de abandonar sus antiguas teorías y de

adoptar otras nuevas, o de rechazar la idea del conocimiento como algo fundamentalmente completo y de adoptar la idea del conocimiento como una obra en construcción. El nuevo conocimiento no se extendió de la misma manera rápida y segura fuera de Europa²⁶³. Existen varias explicaciones para ello pero, fundamentalmente, la cultura europea permitía un espacio considerable para la competencia y la diversidad. Las sociedades europeas se hallaban fragmentadas y divididas en todas partes, con muchas jurisdicciones locales (como ciudades autónomas y universidades), cada estado en competencia con todos los demás estados y, en todas partes, la autoridad religiosa en tensión con la autoridad seglar. Y, desde luego, Europa había heredado la cultura griega así como el latín: la nueva ciencia podía afirmar que continuaba un programa intelectual respetable, que se hallaba en la tradición de Pitágoras, Euclides, Arquímedes e incluso, en ciertos aspectos, de Aristóteles.

Así, la categoría «descubrimiento» demostró ser capaz de diseminarse a través de las diversas culturas locales de la Europa del Renacimiento, pero no le fue bien en otras partes. Otras culturas (y en cierto grado las culturas católicas en Europa después de la condena de Copérnico) no estaban preparadas para aceptar el cambio intelectual radical. Mi argumento es que un concepto de descubrimiento de algún tipo es una precondition crucial para la innovación sistemática en el conocimiento de la naturaleza; hay una

²⁶³ Huff, *Intellectual Curiosity and the Scientific Revolution* (2011).

lógica para la innovación, y si el conocimiento ha de ajustarse hacia la innovación tiene que respetar dicha lógica. Pero la idea de descubrimiento no conlleva uniformidad cultural; antes bien, promueve la diversidad. Es compatible con toda suerte de formas diferentes de nuevo conocimiento, con el geocentrismo de Riccioli así como con el heliocentrismo de Copérnico, con la negación de un vacío por Descartes y con la aceptación de su existencia por Pascal, con la visión de Newton de un espacio y tiempo uniformes y con la teoría de la relatividad de Einstein; no conduce necesariamente a ningún tipo concreto de ciencia. Además, la práctica social que denominamos «descubrimiento» puede ser confusa, contradictoria y paradójica: realmente, no siempre es evidente quién hizo un descubrimiento o cuando lo hicieron. Así, por un lado, descubrimiento es más que una práctica local, es una precondition para la ciencia; por otro lado, se basa en maneras contingentes y locales de determinar qué es lo que cuenta como descubrimiento y qué no. La existencia de la idea de descubrimiento es una precondition necesaria para la ciencia, pero su forma exacta es variable y flexible; allí donde encuentra resistencia, como ocurrió en el imperio otomano y en China, entonces la empresa científica no puede arraigar^{cxxxvi}.

Con la aparición de la idea de descubrimiento y el consiguiente desarrollo tanto de disputas de prioridad como de la determinación de relacionar cada descubrimiento con el nombre de un descubridor, empieza a aparecer por vez primera algo que es reconocible como la ciencia moderna. Y con la nueva ciencia llegó

un nuevo tipo de historia^{cxxxvii}. He aquí, por ejemplo, el segundo párrafo de la entrada «imán» de un lexicón técnico de 1708:

Sturmius en su Epistola Invitatoria dat. Altdorf 1682 observa que la cualidad atractiva del imán ya había sido advertida más allá de la historia. Pero que fue nuestro paisano Roger Bacon quien descubrió primero su verticidad, o su propiedad de señalar hacia el polo, y de esto hace unos 400 años. Los italianos descubrieron primero que podía comunicar esta virtud al acero o al hierro. La diversa declinación de la aguja bajo diferentes meridianos fue descubierta por primera vez por Sebastián Caboto, y su inclinación hasta el polo más cercano por nuestro paisano Robert Norman^{cxxxviii}. La variación de la declinación, es decir que no siempre es la misma en un mismo lugar, observa Cabbott, fue advertida solo unos años antes, por Hevelius, Auzout, Petit, Volckamer y otros²⁶⁴.

Tales historias no son únicamente historias de fundamentos, también son historias de progreso.

Así podemos resumir de manera muy clara el argumento desarrollado hasta aquí. El descubrimiento de América en 1492 creó una nueva empresa a la que los intelectuales podían dedicarse: el descubrimiento de nuevo conocimiento. Dicha empresa requería que

²⁶⁴ Harris, *Lexicon technicum* (1704).

se cumplieran determinadas precondiciones sociales y técnicas: la existencia de métodos de comunicación seguros, un cuerpo común de conocimiento experto y un grupo de expertos reconocidos capaces de adjudicar disputas. Primero los cartógrafos, después los matemáticos, luego los anatomistas y después los astrónomos empezaron a jugar a este juego, que era intrínsecamente competitivo y que dio origen inmediatamente a disputas de prioridad y, más lentamente, a la adjudicación de nombres epónimos. Inseparables de la idea de descubrimiento fueron las ideas de progreso y de propiedad intelectual. En 1605, Bacon afirmó haber identificado el método básico para hacer descubrimientos y asegurar el progreso, y en 1610 el *Sidereus nuncius* de Galileo confirmó la idea de que había una nueva filosofía de la naturaleza que poseía una capacidad sin precedentes de hacer descubrimientos.

Desde luego, el juego del descubrimiento tenía sus antecedentes y sus precedentes. El mejor ejemplo es la patente. En 1416 el gobierno veneciano concedió una patente, que tenía que durar cincuenta años, a Franciscus Petri, el inventor de una nueva máquina de abatanar. En 1421, al gran ingeniero y arquitecto Brunelleschi le concedió la ciudad de Florencia una patente por tres años para un nuevo diseño de una barcaza para transportar mármol. En 1474, la República de Venecia formalizó su propio sistema de patentes al requerir que los que desearan reclamar un monopolio registraran primero sus nuevas invenciones con el

estado. (Esto se convirtió en el modelo para la primera concesión inglesa de una patente, a Acontius en 1565²⁶⁵). Antes que Colón descubriera América ya se había anunciado una recompensa por si tenía éxito. Pero las patentes no duran siempre, y solo nos conceden derechos dentro de una jurisdicción determinada. La recompensa de Colón había de durar solo una vida, y puesto que Colón no había esperado nunca descubrir una tierra desconocida (en lugar de una nueva ruta a una tierra conocida), no se le ocurrió reclamar privilegios de nombre. Por otra parte, no hay límite de tiempo o espacio en un descubrimiento: representa una nueva forma de inmortalidad. Y, en cualquier caso, los prerequisites sociales y técnicos para el juego del descubrimiento apenas empezaban a existir en 1492, porque era la imprenta (inventada hacia 1450) la que difundía las noticias de los descubrimientos, primero de Colón, después de Cardano, Tycho Brahe, Galileo y todos los demás. Fue la imprenta la que estableció una base de conocimiento común contra la que podían medirse estos descubrimientos²⁶⁶.

Lo que todavía no estaba claro en 1610 era cómo mejor llevar a cabo esta nueva empresa. Bacon pensaba tener las respuestas, pero estaba equivocado. De hecho, su criterio fue muy malo cuando juzgó la buena ciencia, y descartó la obra de Copérnico y Gilbert. Pero Bacon no fue el único cuyo juicio fue erróneo (en el capítulo 4 exploraremos algunos de los errores que hicieron los primeros

²⁶⁵ Phillips, «The English Patent» (1982); Long, «Invention, Authorship, "Intellectual Property"» (1991).

²⁶⁶ May, «The Venetian Moment» (2002).

científicos). A menudo estos errores eran obvios. El gran Galileo dedicó gran parte de su vida a demostrar el movimiento de la Tierra porque aducía que era la única causa posible de las mareas. Fue su determinación a presentar su argumento como decisivo lo que condujo a su condena por la Inquisición. Su argumentación no explicaba los hechos: si tenía razón, la pleamar tendría que producirse a la misma hora cada día, y solo tendría que haber una cada día. El único contemporáneo al que convenció fue Giovanni Battista Baliani, quien, con el fin de hacer que la teoría de Galileo funcionara (más o menos), ¡tuvo que situar la Tierra en órbita alrededor de la luna! Pero Galileo estaba absolutamente seguro de que su argumentación era concluyente²⁶⁷.

En el decurso del primer siglo posterior a la publicación de la anatomía de Vesalio y de la cosmología de Copérnico (ambas aparecieron en 1543) se fue concibiendo lentamente una serie de valores para ver de qué mejor manera se podía conducir la actividad intelectual que ahora llamamos «ciencia»: originalidad, prioridad, publicación y lo que podríamos denominar ser a prueba de bomba; en otras palabras, la capacidad de soportar críticas hostiles, en particular las críticas dirigidas a hechos, acabó por considerarse la precondition del éxito. El resultado fue un tipo totalmente nuevo de cultura intelectual: innovadora, combativa, competitiva, pero al mismo tiempo obsesionada con la exactitud. No hay base *a priori*

²⁶⁷ Wootton, «Galileo: Reflections on Failure» (2011); sobre Baliani, Wallis, «An Essay of Dr John Wallis» (1666), 270. Wallis piensa que la teoría de Galileo produce dos pleamares al día, pero véase Palmieri, «Re-examining Galileo's Theory of Tides» (1998), 242.

para pensar que esta sea una buena manera de gestionar la vida intelectual. Es simplemente una manera práctica y efectiva si nuestro objetivo es la adquisición de nuevo conocimiento.

Ya fue aparente desde el principio que descubrimiento, prioridad y originalidad eran ambiguos y, en el límite, incoherentes; y que estos valores entraban en conflicto con la obligación de comprobar y volver a comprobar antes de la publicación. Tomemos el descubrimiento, que se consideraba la forma más elevada de originalidad. ¿Fue Rodrigo de Triana, Colón, Vesputio o Waldseemüller quien descubrió América? El mérito se lo llevó Colón, porque fue su expedición la que llegó allí primero, aunque él nunca supo dónde estaba: la importancia del descubrimiento pesó más que su fracaso en comprender exactamente qué había hecho. Galileo lo comprendió cuando se apresuró a hacer imprimir *Sidereus nuncius*... pero el mismo Galileo retuvo durante más de treinta años su descubrimiento de la ley de la aceleración de cuerpos que caen, determinado a no publicar antes de que pudiera asegurarse la victoria o que estuviera a las puertas de la muerte. (Harriot y Beeckman también descubrieron la ley de la caída; ambos murieron sin publicar). Copérnico, de manera parecida, había demorado y demorado la publicación de *De revolutionibus*. Había una tensión constante entre la aspiración de ser el primero y el temor a no ser creído, a ser considerado un excéntrico y un loco.

A pesar de todos los conflictos y contradicciones resultantes, que siguen todavía con nosotros, fue la idea del descubrimiento lo que hizo posible la nueva ciencia, y el nuevo conjunto de valores

intelectuales sobre los que se fundamentaba. Cuando se piensa en ello, se trata de una verdad sencilla y evidente, pero también una verdad que los historiadores de la ciencia, que quieren sostener que cada cultura tiene su propia ciencia y que todas son igualmente válidas, no han conseguido comprender. La empresa del descubrimiento no es más universal que el críquet o el béisbol o el fútbol; es peculiar del mundo posterior a Colón, y solo puede sobrevivir en el seno de una sociedad que promueve la competencia. Es la única empresa que produce, en frase de Pierre Bourdieu, «verdades transhistóricas».

Y, desde luego, el triunfo de la empresa del descubrimiento no fue completo hasta bien entrado el siglo XVIII. Las antiguas ideas tenían demasiada autoridad, en particular porque estaban arraigadas en la narración bíblica, para desaparecer sin dejar rastro. Aquí el caso más sorprendente es el de Newton quien, después de haber hecho y publicado sus grandes descubrimientos en los *Principia*, empezó a sospechar que no eran nuevos, sino simplemente redescubrimientos. ¿Acaso Moisés ya conocía todo esto? Newton planeó una segunda edición, en la que demostraría que todo lo que en su libro se pensaba que era nuevo era realmente antiguo. Tal como escribió en 1692 Fatio de Duillier, que trabajaba como su ayudante: «El Sr. Newton cree haber descubierto buenas pruebas [*avoir découvert assez clairement*] que los antiguos, como Pitágoras, Platón, etc., tenían todas las demostraciones que él da en relación al

verdadero Sistema del Mundo, que se basan en la gravedad...»²⁶⁸. Newton adquirió gran cantidad de material con la que pretendía establecer esta tesis peculiar. Pero en este punto hemos de hacer tres advertencias: primera, cuando Newton escribió los *Principia* todavía no tenía esta teoría y no había buscado promover su nueva física leyendo fuentes antiguas; segunda, el propio Newton era consciente de la resistencia a su teoría, que como resultado fue eliminada en gran parte de la segunda edición cuando finalmente apareció en 1713; y tercera, en lo que se refiere a los contemporáneos de Newton, sus descubrimientos eran totalmente nuevos. La teoría de Newton según la cual los antiguos comprendían la gravedad era una excentricidad privada, una defensa útil (podemos sospechar) frente al orgullo que podría engendrarse al reconocerse que era el mayor científico de todos los tiempos; solo uno o dos de sus amigos más íntimos estaban preparados para tomarse en serio dicha teoría. La antigua creencia de que no había conocimiento nuevo había vuelto a aparecer momentáneamente, solo para hundirse sin dejar rastro bajo la marea cuya misma existencia negaba.

²⁶⁸ McGuire y Rattansi, «Newton and the "Pipes of Pan"» (1966), 109. Para una discusión que habría encantado a Newton, véase Russo, *The Forgotten Revolution* (2004), 365-379.

Capítulo 4

Planeta tierra

Un planeta verdiazul absolutamente insignificante.

Douglas Adams, The Hitchhiker's Guide to the Galaxy (1979) ²⁶⁹

§ 1.

Los viajes de descubrimiento produjeron una transformación asombrosa en el conocimiento geográfico a partir de 1460. Mientras que el mundo conocido en la primera mitad del siglo XV era más o menos idéntico al mundo conocido por un romano culto en la época de Cristo, a principios del siglo XVI era evidente que existían extensos territorios habitados que habían sido desconocidos por griegos y romanos. Mientras que la opinión convencional había sido que las tierras cercanas al ecuador tenían que ser inhabitables, esto había resultado ser una tontería. Esta expansión del mundo conocido la registraron detalladamente los cartógrafos, y produjo el primer gran triunfo de la experiencia sobre la teoría filosófica.

El tema de este capítulo, sin embargo, no son los viajes de descubrimiento como tales. Como consecuencia del descubrimiento de América por Colón tuvo lugar una revolución silenciosa, la invención de lo que ahora llamamos «el globo terráqueo». Dicha revolución tuvo lugar en el espacio de unos pocos años y no (o casi

²⁶⁹ Adams, *The Hitchhiker's Guide* (1986), 15, 274, 463.

no) encontró resistencia. Es de importancia profunda, pero es completamente invisible en la literatura histórica estándar. Thomas Kuhn escribió una vez:

Un historiador que lee un texto científico anticuado encuentra de forma característica pasajes que no tienen sentido. Ha sido usual ignorar tales pasajes o descartarlos como productos del error, la ignorancia o la superstición, y dicha respuesta es apropiada en ocasiones. Sin embargo, con más frecuencia la contemplación empática de los pasajes problemáticos acaba en un diagnóstico diferente. Las aparentes anomalías textuales son artefactos, producto de una lectura errónea²⁷⁰.

Mi tema es toda una biblioteca de textos que a primera vista no tienen sentido. Ya hace cincuenta años que los historiadores de la ciencia, inspirados por Kuhn, han buscado dichos textos con el fin de demostrar su pericia, su capacidad de dar sentido a lo que en apariencia no lo tiene, pero estos textos concretos han sido ignorados casi completamente. ¿Por qué? Porque señalan hacia algo que no se supone que exista; una revolución silenciosa. Según Kuhn, la revolución siempre trae consigo debate y conflicto²⁷¹; puesto que prácticamente no hubo debate, es demasiado fácil asumir que pudo no haber habido revolución. Es esta misma

²⁷⁰ Kuhn, «Dubbing and Redubbing: The Vulnerability of Rigid Designation» (1990), 299.

²⁷¹ Kuhn, *Structure* (1970), 171.

anomalía, por otra parte, lo que hace que dichos textos sean el lugar perfecto para embarcarse en una historia de la ciencia nueva y poskuhniana.

¿Qué forma tiene «la tierra»? La respuesta a esta pregunta ha de parecer evidente. ¿No es seguro que todos sabían que la tierra es redonda? En el siglo XIX se dijo, muy seriamente, que los contemporáneos de Colón pensaban que la tierra era plana y esperaban que navegara más allá del borde²⁷². Este relato es una tontería. Pero el hecho de que todos (o al menos todas las personas adecuadamente educadas) pensaran que en principio era posible navegar alrededor del mundo (y en 1519 Magallanes hizo exactamente esto) no significa que pensaran que era redonda. Colón, de manera extraña, pensaba que el viejo mundo, conocido por Ptolomeo, era la mitad de una esfera perfecta, pero creía que el nuevo mundo tenía una forma como la mitad superior de una pera, o como un pecho; tenía la impresión de que navegaba cuesta arriba cuando dejó atrás las Azores²⁷³. El pedúnculo, o pezón, de este otro hemisferio era donde estaba situado el paraíso terrestre²⁷⁴. «La tierra» (o, más bien, el amontonamiento de tierra y agua) tenía una protuberancia.

Esta creencia, que el amontonamiento de tierra y agua no era una esfera perfecta, era aceptada universalmente en la Edad Media

²⁷² Russell, *Inventing the Flat Earth* (1991).

²⁷³ Colón, *The Four Voyages* (1969), 217-219.

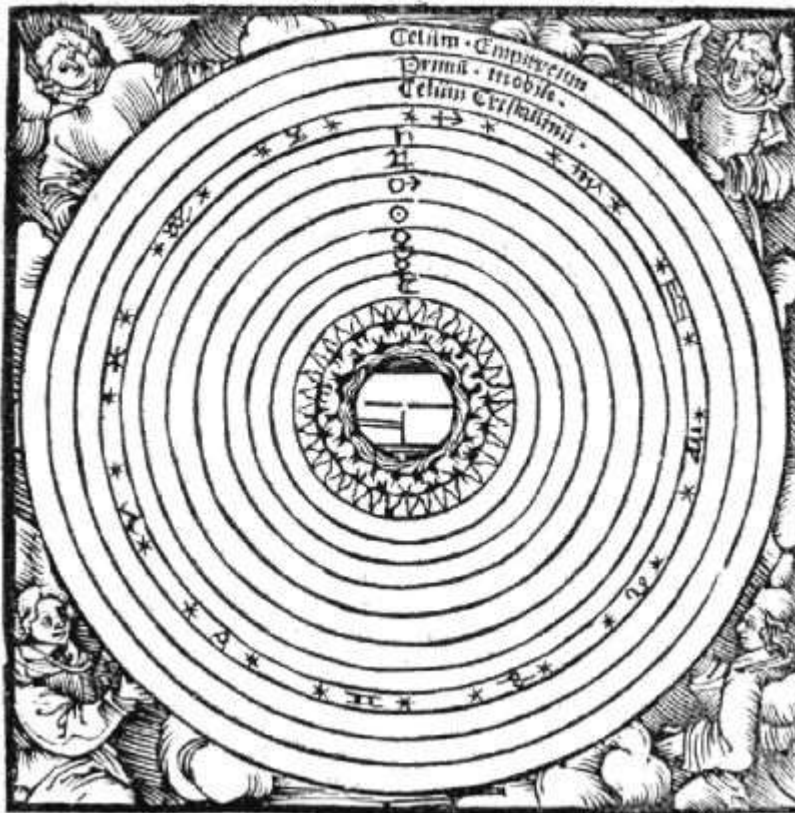
²⁷⁴ O'Gorman, *The Invention of America* (1961), 98-101.

tardía, y la nueva cosmografía requería su refutación^{cxxxix} 275. Según Aristóteles, el universo está dividido en una zona supralunar, donde nada cambia y el movimiento es siempre en círculos, y una zona sublunar. En la zona sublunar es donde se encuentran los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) que forman la base de nuestra experiencia cotidiana de la materia. Estos elementos se disponen en círculos concéntricos alrededor de un centro común: la tierra rodeada por agua, el agua rodeada por aire, y el aire rodeado por el fuego. Sin embargo, esta disposición no es perfecta, porque la tierra seca surge del agua, y en tierra interactúan los cuatro elementos. Es esta interacción de los elementos lo que hace posible los organismos vivos, y sin ella el universo sería estéril²⁷⁶.

²⁷⁵ Biro, *On Earth as in Heaven* (2009); Schuster y Brody, «Descartes and Sunspots' (2013); también Johnson, *The German Discovery of the World* (2008), 51-57; el primer libro con «cosmología» en el título es, según creo, Mizauld, *Cosmologia: Historiam coeli et mundi* (1570). (Worldcat muestra un par de entradas anteriores, pero es probable que ambas sean fantasmas).

²⁷⁶ Aristóteles, *On the Heavens* (1939).

De Coeli Natura



Las esferas concéntricas que constituyen el universo, de A Textbook of Natural Philosophy (Summa in tota[m] physicen), 1514, de Jodocus Trutfetter. En el interior de la zona sublunar hay cuatro esferas distintas: tierra, agua, aire y fuego; por fuera de ella están los planetas, incluidos el sol y la luna. El zodíaco de las estrellas fijas es la más externa de las esferas visibles, más allá de la cual hay tres esferas invisibles. (Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).

Este relato planteaba a los filósofos musulmanes y cristianos un problema que no había preocupado a sus predecesores paganos:

¿cómo podía ser que los cuatro elementos no formaran círculos perfectamente concéntricos²⁷⁷? Se aprovecharon de esto en parte porque les permitía introducir en la filosofía un Dios creador desconocido de Aristóteles y Ptolomeo. Según el Génesis, Dios había reunido las aguas en el tercer día de la creación con el fin de producir tierra emergida. De modo que una respuesta sencilla era que la existencia de tierra emergida era un milagro. Puesto que las aguas de los océanos se situaban más altas que la tierra (más altas, se decía de manera regular, que las montañas más elevadas; de otro modo, no se encontraría agua surgiendo del suelo cerca de las cumbres de las montañas^{cxl}), era fácil llegar a la conclusión de que los océanos eran contenidos para que no inundaran la tierra, como había ocurrido en el Diluvio Universal, por la divina Providencia. Los filósofos encontraron que tal respuesta no era satisfactoria, aunque algo parecido se encontraba en la *Historia natural* de Plinio²⁷⁸, y buscaron una explicación natural. Si la separación inicial requirió la intervención divina, ¿cómo se podría caracterizar la relación entre la tierra y el agua desde el Diluvio?

²⁷⁷ Para ser exactos, el problema parece haberse originado con el último de los filósofos paganos, Olimpiodoro de Alejandría: Duhem, *Le Système du monde*, vol. 9 (1958), 97-98.

²⁷⁸ Plinio el Viejo, *Natural History* (1938), libro 2, cap. 65; el traductor ha sido incapaz de dar sentido al fragmento: compárese con Plinio el Viejo, *L'Histoire du monde* (1562). Parece ser que la afirmación de Plinio sería que la distancia desde el centro de la Tierra al litoral del océano es menor que la distancia desde el punto más profundo del océano a alta mar.

El problema era sencillo, y la gama de respuestas posibles era limitada. A lo largo de un período de 250 años, se exploraron completamente todas las posibilidades²⁷⁹.

1. Las aguas han sido desplazadas de su posición original, y su esfera tiene ahora un centro que no es el centro del universo. Esta visión implica que los barcos navegan cuesta arriba cuando se hacen a la mar (todavía reconocemos esta idea tradicional cuando empleamos el término «alta mar»). Es la que sostenía Sacrobosco (c. 1195-c. 1256), que escribió el manual estándar sobre astronomía que se usaba en las universidades medievales y del Renacimiento, y después de él por Brunetto Latini (1220-1294), Ristoro d'Arezzo (que escribía en 1282), Pablo de Santa María o de Burgos (1351-1435) y Prosdócimo di Beldomandi (m. 1428). En 1320 Dante consideró que era la opinión generalizada (aunque su texto, la *Quaestio de aqua et terra (Disputa sobre el agua y la tierra)*, era desconocido hasta que se publicó por primera vez en 1508).
2. La tierra (distinta de la esfera de agua) ya no es una esfera; más bien, como resultado del crecimiento de una protuberancia o tumor, ha adquirido una forma alargada, irregular, de modo que su centro de gravedad (el punto del que colgaría sin moverse si se suspendiera) corresponde al

²⁷⁹ El texto clave, en el que se basan en gran parte los párrafos siguientes, es Duhem, *Le Système du monde*, vol. 9 (1958), 79-235 (disponible en línea en

centro del universo pero su centro geométrico no. La protuberancia es lo que hace posible la tierra emergida. Esta era la opinión de Gil de Roma (1243-1316), que calculó que el diámetro de la tierra tuvo que haberse extendido hasta el doble de su longitud original, y de Dante. El problema con esta concepción era que suponía abandonar la idea de que el universo fue creado a partir de esferas anidadas: un precio muy alto que pagar, precio que pocos estaban preparados para contemplar.

3. Si podía aducirse que la tierra podría no ser una verdadera esfera, entonces, igualmente, las aguas podrían no serlo. Algunos sugirieron que las aguas no son realmente esféricas, sino de forma más bien oval, con el resultado de que los océanos son más profundos en los polos; Francesco di Manfredonia (m. c. 1490) creía que esto era una explicación parcial de la aparición de tierra emergida. El punto débil de este argumento, como Francesco debió reconocer, era que si las aguas eran ovoides entonces tenía que haber un cinturón de tierra emergida en el ecuador y en ninguna otra parte; en consecuencia, este argumento era insuficiente por sí solo, como se vio obligado a reconocer.
4. La tierra sigue siendo una esfera, pero ya no se halla en el centro del universo. Esta era la opinión de Robertus Anglicus (1271), pero estaba destinada a tener pocos partidarios, porque se enfrentaba a un principio básico de la filosofía aristotélica: que el lugar adecuado para la tierra era el centro

del universo. Sin embargo, esta dificultad provocó simplemente que los filósofos pensaran con más ahínco. Supongamos, argumentaban, que la tierra es una esfera pero que su composición no es homogénea: la acción del sol ha hecho que la tierra emergida sea menos densa de lo que era originalmente, lo que ha desplazado el centro de gravedad de toda la masa. Así, el centro de gravedad de la tierra todavía coincide con el centro del universo, pero su centro geométrico no. El agua, en cambio, permanece dispuesta simétricamente alrededor del centro del universo. Esta era la opinión de los filósofos parisinos del siglo XIV, Jean de Jandun (1286-1328), Jean Buridan (c. 1300-c. 1358), Nicholas Bonet (m. 1360), Nicolás de Oresme (c. 1320-1382) y Alberto de Sajonia (c. 1320-1390 ²⁸⁰). Conservaba el sistema de esferas anidadas, y tenía la gran ventaja de hacer que el agua siempre fluyera cuesta abajo (cosa que no hace en la primera opción). Como una modificación de esta concepción, se podría aducir que el centro del universo corresponde al centro de gravedad del agregado de las dos esferas de tierra y agua. Esta era la opinión de Pierre d'Ailly (1351-1420), a pesar del hecho de que había leído la *Geografía* de Ptolomeo, de la que empezaron a circular ejemplares en el Occidente latino hacia 1400. En 1475, en una variación u otra, esta era la creencia estándar.

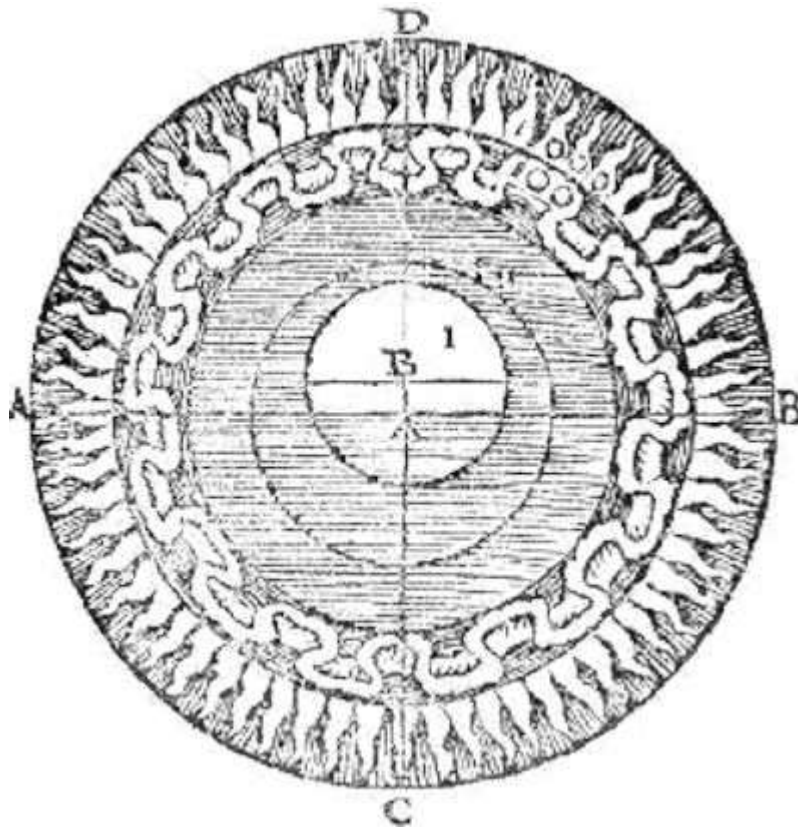
²⁸⁰ Oresme, *Le Livre du ciel et du monde* (1968), 397, 562-573.

Estas cuatro concepciones daban por sentado, de manera general, que la esfera de agua era considerablemente mayor que la esfera de tierra. La idea convencional de 1200 a 1500 (erróneamente atribuida a Aristóteles) era que era diez veces mayor, pues se creía que cada elemento existe en la misma cantidad, pero una cantidad de agua ocupa diez veces el volumen de la misma cantidad de tierra, mientras que el aire ocupa diez veces el volumen de agua y el fuego ocupa diez veces el volumen de aire²⁸¹ El tamaño relativo de las esferas y el alcance de su desplazamiento con relación a las demás determina el tamaño de la zona de tierra emergida. Era común considerar que esta suponía aproximadamente la cuarta parte del globo de tierra/agua, pero podía extenderse hasta la mitad del globo de tierra/agua. La primera concepción suponía que el mundo conocido era todo lo que había que conocer; la segunda implicaba que existía más tierra todavía no descubierta. Por lo general se suponía que esta se hallaba en el hemisferio austral, y a veces se pensaba que estaba habitada.

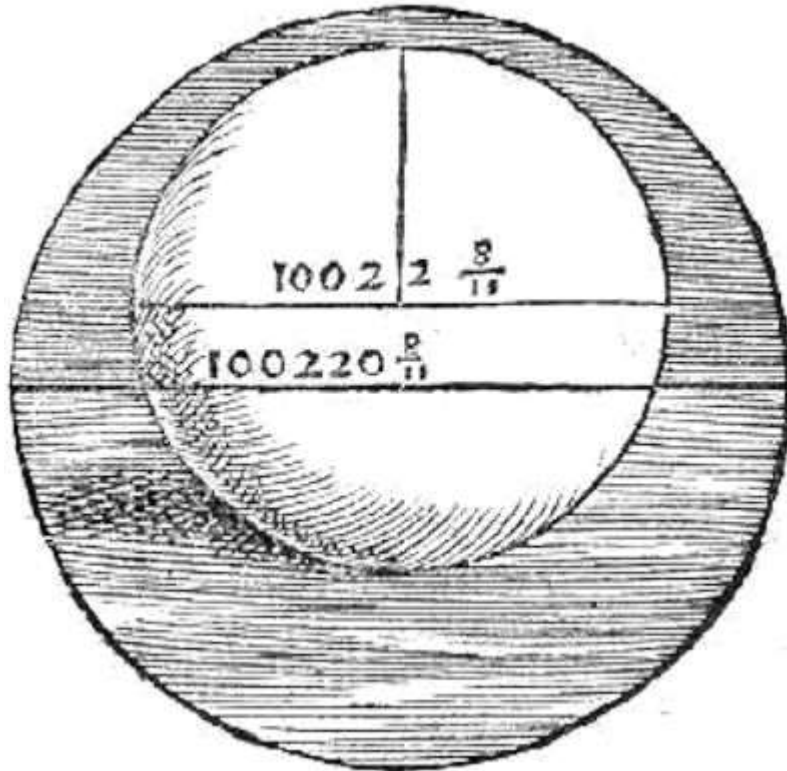
²⁸¹ Duhem, *Le Système du monde*, vol. 9 (1958), 91-96. En 1505 Alessandro Achillini expresó dudas acerca de la validez de las proporciones tradicionales, pero (si lo interpreto correctamente) no llegó al extremo de cuestionar la teoría de las dos esferas: Achillini, *De elementis* (1505), 84v-85r.



Las esferas de la tierra, el agua, el aire y el fuego, de Sphere (Sphaera mundi: Joannis de Sacro Busto sphaericum opusculum), Venecia, 1501, de Sacrobosco. La tierra flota como una manzana en un cubo de agua. La orientación no es norte-sur, sino que Jerusalén, el centro del mundo conocido, se halla en la parte de arriba. (Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).



Los centros distintos de las esferas del agua (centrada en A) y de la tierra (centrada en B), de Sphere (Sphaera volgare novamente tradotta), Venecia, 1537, de Sacrobosco. Se indica que las dos tienen volúmenes relativos de 10:1, aunque, como demuestra Copérnico, si este fuera el caso, la esfera de la tierra no se superpondría con el centro de la esfera del agua, que aquí se considera que es el centro del universo. (Wellcome Library, Londres).



Los volúmenes relativos y absolutos de tierra y agua, de nuevo de Sphera volgare, 1537. Copérnico se hubiera quejado de que, de hecho, las dos esferas no estaban dibujadas a la misma escala. (Wellcome Library, Londres).

Se aceptaba de manera general que había una gama limitada de posibles causas de un cambio en la relación entre tierra y agua. O bien Dios había actuado directamente, amontonando y concentrando las aguas con el fin de dejar espacio libre para la tierra emergida, o bien el sol había actuado sobre la tierra para secarla, o las estrellas habían actuado para desplazar de su posición a las agua o a la tierra.

Pero, finalmente, llegamos a la quinta opinión: no existen esferas separadas de tierra y agua, hay menos agua que tierra, y los

océanos se hallan en las concavidades de la tierra, de modo que tierra y agua constituyen una única esfera agregada. Esta, que es la concepción moderna (aunque desde luego ya no pensamos en la «tierra» como uno de los cuatro elementos), la apoyaban Robert Grosseteste (c. 1175-1253), Andalò di Negro (1260-1334), Themo Judaei (mediados del siglo XIV) y Marsilio de Inghen (1340-1396). De estos cuatro, las opiniones de Robert Grosseteste y Marsilio de Inghen fueron impresas y estaban disponibles para los lectores del Renacimiento (aunque Marsilio era leído por los filósofos, no por los astrónomos); pero el conocimiento de la existencia de esta idea habría sido razonablemente generalizado durante todo el siglo XV, porque otros la describieron, aunque solo para rechazarla. Implica que la tierra puede estar (de hecho, debe estar) esparcida por toda la superficie de la Tierra, una opinión que recibió el respaldo de Roger Bacon (1214-1294), probablemente bajo la influencia de Grosseteste, y por el autor de *The Travels of Sir John Mandeville* (*Viajes de Juan de Mandeville*) (c. 1360 ²⁸²). De todas estas concepciones, esta es la única directamente compatible con la existencia de antípodas (es decir, masas de tierra directamente opuestas entre sí sobre el globo).

Es esencial destacar que esta última creencia no encontró respaldo en el siglo XV. Para astrónomos y geógrafos en 1475 (el año de la primera publicación de la *Geografía* de Ptolomeo, aunque la primera traducción en latín a un manuscrito fue en 1406), la elección básica

²⁸² Hiatt, *Terra incognita* (2008), 100-104.

era entre una explicación de la esfera de *agua* desplazada del centro del universo y una explicación de la esfera del elemento *tierra* desplazada del centro del universo (pero que todavía se superponía a este). Para apoyar el viaje de Colón no era necesario pensar que estas teorías eran erróneas; simplemente se tenía que aceptar que ir hacia el oeste podría no obstante ser una ruta más rápida a la Indias que circunnavegar África o ir por tierra. Sin embargo, después del descubrimiento de un nuevo continente, la opinión anticuada de Grosseteste se hizo nuevamente respetable entre los filósofos.

Así, en 1475 había un consenso general que los centros de las dos esferas de tierra y agua ya no eran idénticos, y de hecho ahora había una incógnita acerca de los otros tres centros: ¿dónde estaba el centro geométrico del universo? ¿Correspondía al centro de una de las esferas? Y, si así era, ¿a cuál? Y si la tierra no era homogénea, ¿dónde estaba su centro de gravedad? Finalmente, ¿dónde estaba el centro de gravedad de las esferas conjuntas de tierra y agua? Allí donde el universo aristotélico tenía un centro, ahora había en potencia cinco maneras diferentes de definir el centro del universo.

§ 2.

Los estudiantes del Medievo tardío y del Renacimiento aprendían astronomía estudiando la *Sphaera*, o *Sphere* («Esfera») (c. 1220) de Johannes de Sacrobosco, que enseñaba en París pero pudo haber

sido inglés (en cuyo caso su nombre original fue probablemente John of Holywood²⁸³).

Su manual fue impreso por primera vez en 1472 y tuvo más de doscientas ediciones²⁸⁴. Además, hubo numerosos comentadores que buscaron explicar el texto, empezando con Michael Scot (c. 1230), incluyendo a Giambattista Capuano da Manfredonia (c. 1475^{cxli}), y culminando con Cristóbal Colón (Christophorus Clavius) (1570), el gran jesuita astrónomo de finales del siglo XVI. La *Sphere* seguía siendo el texto estándar que Galileo utilizaba cuando fue profesor en la Universidad de Padua (1592-1610); la última edición para estudiantes, de 1633, señala de manera conveniente la desaparición de la astronomía ptolemaica como tradición viva. En consonancia con la idea de que el globo estaba constituido por dos esferas no concéntricas, una de tierra y la otra de agua, y siguiendo el ejemplo del *Almagesto* de Ptolomeo (que había estado disponible en el occidente latino desde el siglo XII), Sacrobosco demostró por separado que la superficie de la tierra era curvada (demostró de qué modo esto podía resultar aparente para quienquiera que viajara de norte a sur o de este a oeste), y que la superficie del agua era curvada. (Esto era evidente porque un vigía encaramado en lo alto del mástil de un barco podía ver más allá que alguien que estuviera en cubierta). Los comentadores modernos suponen que Sacrobosco

²⁸³ Thorndike, *The Sphere of Sacrobosco and Its Commentators* (1949), proporciona texto y traducción.

²⁸⁴ Existen dos listados, que difieren de manera significativa: Roberto de Andrade Martins en

había demostrado que la Tierra es redonda²⁸⁵; no hizo nada por el estilo, y los comentaristas medievales no afirmaron que lo hubiera hecho, porque ni él ni ellos creían que las dos esferas compartieran un centro común.

Ahora ya debería ser aparente que cuando los filósofos medievales hablaban de «la tierra» normalmente querían decir la esfera del elemento tierra que, cuando aparecía sobre el océano, constituía tierra emergida; dicha esfera flotaba en un océano de océano, que a su vez era una gran esfera. Sin embargo, el término «la tierra» era intrínsecamente ambiguo. Encontramos que John de Wallingford (m. 1258), por ejemplo, distinguía en el espacio de dos frases entre a) la tierra, con el significado de tierra emergida; b) la tierra, con el significado del elemento tierra, cuyo centro es el centro del universo; y c) todo el globo, es decir, la aglomeración de tierra y agua²⁸⁶. El tercer uso (que recordaba el *Sueño de Escipión* de Cicerón) era claramente no filosófico para quienquiera que aceptara la teoría dominante de las dos esferas, tan no filosófico que es difícil encontrar ejemplos de *terra* que se use en este sentido en la Edad Media tardía o en el Renacimiento temprano, excepto por humanistas latinizantes como Petrarca²⁸⁷. A todos los efectos, la

²⁸⁵ Por ejemplo, Taylor, *The Haven-finding Art: A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook* (1971), 154; Russell, *Inventing the Flat Earth* (1991), 19; Lester, *The Fourth Part of the World* (2009), 28-29.

²⁸⁶ Hiatt, *Terra incognita* (2008), 142 (citando el British Library MS Cotton Julius D.VII, 46r (para una fotografía del fragmento véase 123).

²⁸⁷ Hiatt, *Terra incognita* (2008), 133, citando a Petrarca, *Le familiari (Familiarum rerum libri)*, ed. V. Rossi (4 vols., Florencia: Sansoni, 1933-1942) vol. 2, 248.

idea de que se tenía que pensar en el conjunto de tierra-agua como un único globo o esfera desapareció hacia 1400. Incluso antes de 1400 nunca había sido la concepción dominante. La aglomeración tierra-agua ya no era redonda.

Todas estas discusiones en el Medioevo tardío tuvieron lugar en el contexto de un conocimiento geográfico que correspondía al de los antiguos. Nadie creía que la tierra fuera plana (consistía en una porción de esfera), pero la tierra habitable podía representarse de manera relativamente precisa sobre una superficie plana. Esta tierra habitable tenía un centro, que por lo general se consideraba que era Jerusalén. Sin embargo, había otro centro: midiendo de oeste a este, desde las Islas Afortunadas (las Canarias) hasta las Columnas de Hércules (que señalaban los límites más allá de los cuales era imposible viajar), existía una posición conceptual en el ecuador denominada Arim, o Arin, que se creía que se hallaba a 10 grados al este de Bagdad. Para los árabes, y para los astrónomos que se basaban en fuentes arábigas, Arim representaba el grado cero de longitud y latitud²⁸⁸. Se aceptaba de forma universal que la tierra emergida estaba confinada a un hemisferio, y que el resto estaba cubierto por océano. En la tierra emergida, las partes situadas más al norte y más al sur eran inhabitables porque eran demasiado frías o demasiado cálidas, de modo que la porción habitable de la tierra representaba aproximadamente la mitad de

²⁸⁸ Wright, *The Geographical Lore of the Time of the Crusades* (1925), 86-87, 259-261; Arim: Oresme, *Le Livre du ciel et du monde* (1968), 24, 330-335; y Sen, «Al-Biruni on the Determination of Latitudes and Longitudes in India» (1975).

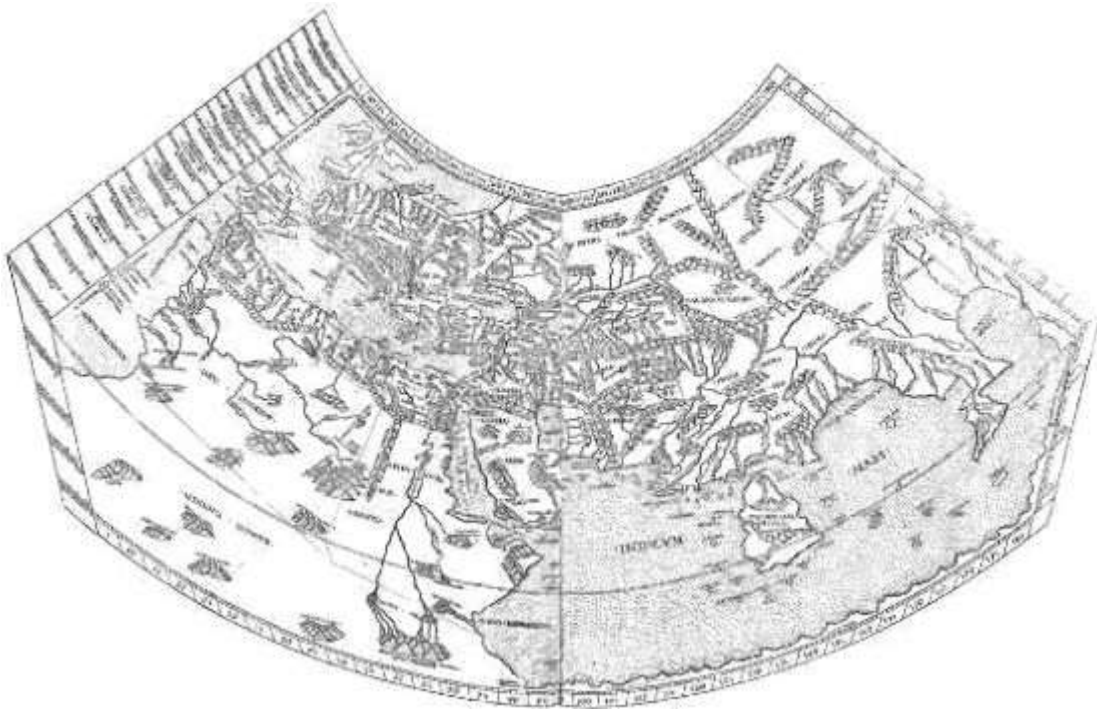
toda la tierra emergida, un sexto de la superficie de toda la aglomeración de tierra y agua.

Tal como Dante señaló en 1320, aquí había un problema evidente, porque los argumentos de los filósofos y los mapas de los geógrafos no concordaban. Si los filósofos tenían razón y la tierra habitable era una esfera que flotaba sobre la superficie de un globo mayor de agua, entonces un mapa debería mostrar la tierra habitable como un círculo. En realidad, los mapas la mostraban como una capa extendida sobre el suelo; pero se hacía referencia al mundo conocido como el *orbis terrarum*, el círculo de tierras, como si tuviera la forma requerida. Dante, a diferencia de los filósofos, se tomaba en serio su geografía, pero ningún filósofo hubiera encontrado completamente satisfactorio su abandono del principio fundamental de que el universo estaba constituido por esferas.

Mientras que el esquema aristotélico, idealizado, de esferas concéntricas era simétrico en todos los ejes, cada una de las elaboraciones medievales (con excepción de la quinta) era simétrica únicamente alrededor de un eje. Además, dicho eje no era el eje norte-sur de los polos, sino un eje que atravesaba Jerusalén y el centro geométrico del universo. Si los filósofos del Medievo tardío hubieran intentado imaginar (lo que, desde luego, pocos hicieron) una Tierra que girara en el espacio alrededor de un eje norte-sur, entonces muchos de ellos hubieran estado seguros de que el centro de gravedad de la Tierra (ya fuera de la esfera de tierra o de la esfera de agua) no se hallaba en el eje norte-sur; un globo que girara de esta manera habría tenido una tendencia natural a bambolearse. La

excepción eran los filósofos parisinos, para los que el centro de gravedad de la tierra y del agua seguía siendo coincidente con el centro del universo. De manera totalmente lógica, el único filósofo medieval de importancia que se tomó en serio la teoría de la rotación diurna de la Tierra fue un parisino, Nicolás de Oresme (1320-1382). De manera crucial, Oresme, a diferencia de otros filósofos que aceptaban (como él hacía) que había dos esferas de tierra y agua con centros geométricos separados, no aceptaba que la esfera de agua fuera en sí misma mayor que la esfera de tierra. Oresme afirma que si las dos esferas tuvieran el mismo centro, el agua cubriría inevitablemente toda la superficie de la tierra, quizá con la excepción de algunas cumbres de montañas. Y describe la esfera de agua como si fuera una capa o capucha que cubriera la tierra. El resultado es que tiene una concepción de la Tierra, tal como demuestran las ilustraciones que acompañan su *Livre du ciel et du monde* («Libro del cielo y del mundo», 1377), como, efectivamente, un globo único, capaz de rotar sobre su eje (pero, puesto que está envuelto por la esfera de agua, incapaz de poseer antípodas^{cxliii}). Resulta que el texto de Oresme nunca se publicó, y no pudo haber circulado ampliamente porque estaba escrito en francés²⁸⁹.

²⁸⁹ Duhem, «Un précurseur français de Copernic» (1909); Duhem, *Le Système du monde*, vol. 9 (1958), 202-204, 329-344; Sarnowsky, «The Defence of the Ptolemaic System» (2007), 35-41; Grant, *Planets, Stars and Orbs* (1994), 642-647; y Oresme, *Le Livre du ciel et du monde* (1968).



Mapa del mundo de la Geografía de Ptolomeo, impreso en Roma en 1490. Las mismas planchas se habían usado en dos ediciones previas (Bolonia, 1477; Roma, 1478) y en consecuencia son las primeras ilustraciones impresas de la Geografía. (James Ford Bell Library, Universidad of Minnesota, EE. UU.).

Así, la teoría del mundo de dos esferas fue compartida por casi todos los filósofos, astrónomos y cartógrafos (a pesar de las dificultades que se sabía que presentaba) hasta finales del siglo XV, y el redescubrimiento de la *Geografía* de Ptolomeo se integró en ella sin demasiadas dificultades²⁹⁰. Los exploradores portugueses alcanzaron el ecuador en 1474-1475 (no es difícil decir cuándo se

²⁹⁰ Para la interpretación convencional, véase Thorndike, *The Sphere of Sacrobosco and Its Commentators* (1949), 274-275, 296 (el comentario se atribuye a Miguel Escoto).

alcanza el ecuador: la Estrella Polar desaparece de la vista), y descubrieron un nuevo cielo y nuevas estrellas, pero no encontraron ninguna zona que no fuera habitable; esto requirió repensar un poco la teoría, pero poco más²⁹¹. Era cierto que Ptolomeo en la *Geografía* (a diferencia del *Almagesto*) trataba la tierra y el agua como una única esfera, y es evidente que esto acabaría siendo de interés. Después de la traducción de la *Geografía* de Ptolomeo hay un registro de un globo terrestre que se hizo en 1443 «según la descripción de Ptolomeo»²⁹². Colón leyó a Ptolomeo y estaba convencido de que tierra y agua formaban una esfera; preparó un pequeño globo para ilustrar el viaje que planeaba. Al mismo tiempo decidió rechazar la explicación de Ptolomeo de la extensión del mundo habitable, y prefirió la de Marino de Tiro (c. 100-150), que había afirmado que se extendía más allá de la mitad del globo, una opinión difícil de reconciliar con la teoría de las dos esferas. Pero entonces no había todavía una crisis general para la teoría de las dos esferas: los geógrafos convocados por Fernando e Isabel para

²⁹¹ Johnson, *The German Discovery of the World* (2008), 57-71 (aunque el quid de su argumentación no concuerda con la mía).

²⁹² Sobre las primeras representaciones del globo terráqueo, véase Helas, «*Mundus in rotundo et pulcherrime depictus*» (1998); y Helas, «Die Erfindung des Globus durch die Malerei - Zum Wandel des Weltbildes im 15. Jahrhundert» (2010). Las representaciones medievales de un globo, como el *globus cruciger*, han de entenderse como representaciones de la esfera de la tierra o de la esfera de los cielos; en otras palabras: el universo en su conjunto (Vogel, *Sphaera terræ* (1995), 360).

asesorarlos acerca de los planes de Colón no dudaron en rechazarlos de plano²⁹³.

Dicha crisis se inició con el desembarco de Colón en 1492. En 1493, Pedro Mártir escribió que Colón retornaba de «las antípodas occidentales». En un certificado notarial redactado por Valentin Fernandes en 1503, se describe el descubrimiento de Brasil en 1500 por Pedro Álvares Cabral como el descubrimiento de «la tierra de los antípodas»²⁹⁴. (Estaba en lo cierto: Brasil es antípoda del extremo oriental del mundo conocido por los antiguos). Pero el acontecimiento decisivo fue la publicación en 1503 de la primera carta escrita (o supuestamente escrita) por Vespuccio, titulada *Mundus novus* («Nuevo mundo»), que en el espacio de cuatro años pasó por veintinueve ediciones²⁹⁵. (Fue la segunda carta de Vespuccio la que introdujo el término «descubrimiento» a un público europeo; su primera carta ya había destruido la cosmografía medieval). Vespuccio afirmaba haber encontrado una extensa masa continental que no formaba parte del mundo previamente conocido: había encontrado un Nuevo Mundo. Además, era evidente que esta masa continental, aunque solo se hallaba a una cuarta parte del recorrido alrededor del globo desde su punto de partida, se encontraba a medio camino alrededor del globo desde otras partes del mundo conocido. Y Vespuccio había navegado a 50 grados al sur

²⁹³ Colón, *The Life of the Admiral Christopher Columbus* (1992), 15-40 (el globo está en 19); Dalché, «The Reception of Ptolemy's Geography» (2007), 329; y Randles, «The Evaluation of Columbus' "India" Project» (1990).

²⁹⁴ Besse, *Les Grandeurs de la terre* (2003), 62-63.

²⁹⁵ Vogel, «America» (1995), 14.

del ecuador: esto no eran solo las antípodas ecuatoriales que algunos defensores de la teoría de las dos esferas habían imaginado.



La representación de Clavio, en su comentario sobre Sacrobosco (1570, pero tomada aquí de la edición revisada de 1581), del relato convencional de la relación entre agua y tierra, que Clavio rechaza. Los puntos señalan los dos centros geométricos, el de la esfera de agua (abajo) y el de la esfera de tierra (arriba). Puesto que la discusión de si había una esfera de tierra-agua o dos esferas era inseparable de la discusión de si había antípodas (que no podían existir en el modelo de las dos esferas, excepto quizá en una breve banda en la que ambas esferas conflúan si eran de tamaño similar), la ilustración de Clavio incluye asimismo antípodas (inexistentes), que

se encuentran bajo el agua. Puesto que se sabe que existen antípodas, este modelo tradicional tiene que ser erróneo. (Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).

Las antípodas se habían convertido en una realidad, y ya no había manera alguna de encajar las masas continentales de la Tierra en un hemisferio.

Así, lo que era perturbador acerca de estas antípodas no era que implicaran que algunas personas se hallaran «cabeza abajo» en comparación con otras (uno tenía que ser absolutamente cándido para tener dificultades con esta idea), sino que la teoría de las dos esferas pudiera acomodar antípodas solo como caso límite, a lo largo de la frontera entre los hemisferios norte y sur, y solo entonces si la esfera de agua se reducía de manera que su diámetro fuera casi el mismo que el de la esfera de tierra²⁹⁶. La afirmación de Vesputio requería una reconsideración importante de la supuesta relación entre los elementos agua y tierra. Hasta aquel momento había sido posible creer a la vez que las esferas de la tierra y del océano eran redondas, y que la zona de tierra emergida (el *orbis terrarum*, el mundo habitable) tenía, tal como decía la Biblia, cuatro

²⁹⁶ Por ejemplo, Guillaume Fillastre, que escribía en 1414-1418: «Digo que si se supone que la forma de la tierra [*terra*: la masa continental] es esférica, los que viven en las partes más alejadas del este son antípodas de los que viven en las partes más alejadas del oeste». Hiatt, *Terra incognita* (2008), 158.

esquinas²⁹⁷. Ahora estas esquinas se convirtieron, según la frase de John Donne, en «las esquinas imaginadas de la tierra redonda»²⁹⁸.

Las primeras personas que abordaron realmente este problema fueron Martin Waldseemüller y Matthias Ringmann, cuando trabajaban en su mapa mundial de 1507 y la *Cosmographiæ Introductio* («Introducción a la cosmografía») que lo acompañaba^{cxliii}. Al esforzarse para pensar en las implicaciones de la afirmación de Vesputio, necesitaban una manera de referirse a lo que nosotros llamamos Tierra, o el mundo: el globo único formado por tierra y mar. Lo denominaron *omnem terræ ambitum*, toda la circunferencia de la Tierra, de la que, explicaron, Ptolomeo solo conocía una cuarta parte.

Otros mapas iniciales del mundo se presentan como ilustraciones del *orbis terrarum*. En latín clásico, del que deriva la frase, un *orbis* suele ser un disco plano, pero a veces es un orbe o globo. Cuando Cicerón escribe del *orbis* a veces se refiera a la tierra emergida habitable, un disco que se eleva sobre las aguas, y a veces a todo el globo de tierra y océano. Esta ambigüedad continuó en el Renacimiento. Así, el atlas de Ortelio de 1570 se titulaba *Theatrum orbis terrarum*, el teatro de la esfera de las tierras. El frontispicio demuestra claramente que el *orbis* es un globo, pero el plural *terræ* implica una colección de mapas de diferentes países. Mercator, excepcionalmente, empleó la frase *orbis terræ*: en 1569 la palabra

²⁹⁷ Ezequiel 7,2; Isaías 11,12. Sobre las cuatro esquinas de la tierra habitable, Oresme, *Traité de l'espère* (1943), cap. 31.

²⁹⁸ Donne, *Holy Sonnets* VII.

terra empieza a significar Tierra, o mundo (como en planeta Tierra); a la frase mal construida de Waldseemüller y Ringmann se la sustituye con una palabra. En 1606, el *Theatrum* de Ortelio pudo traducirse en inglés como *The Theatre of the Whole World* («El teatro del mundo entero»). Solo posteriormente, en 1629, se inventó un término técnico satisfactorio para identificar de manera inequívoca esta nueva entidad: se la llamó «el globo terráqueo»²⁹⁹.

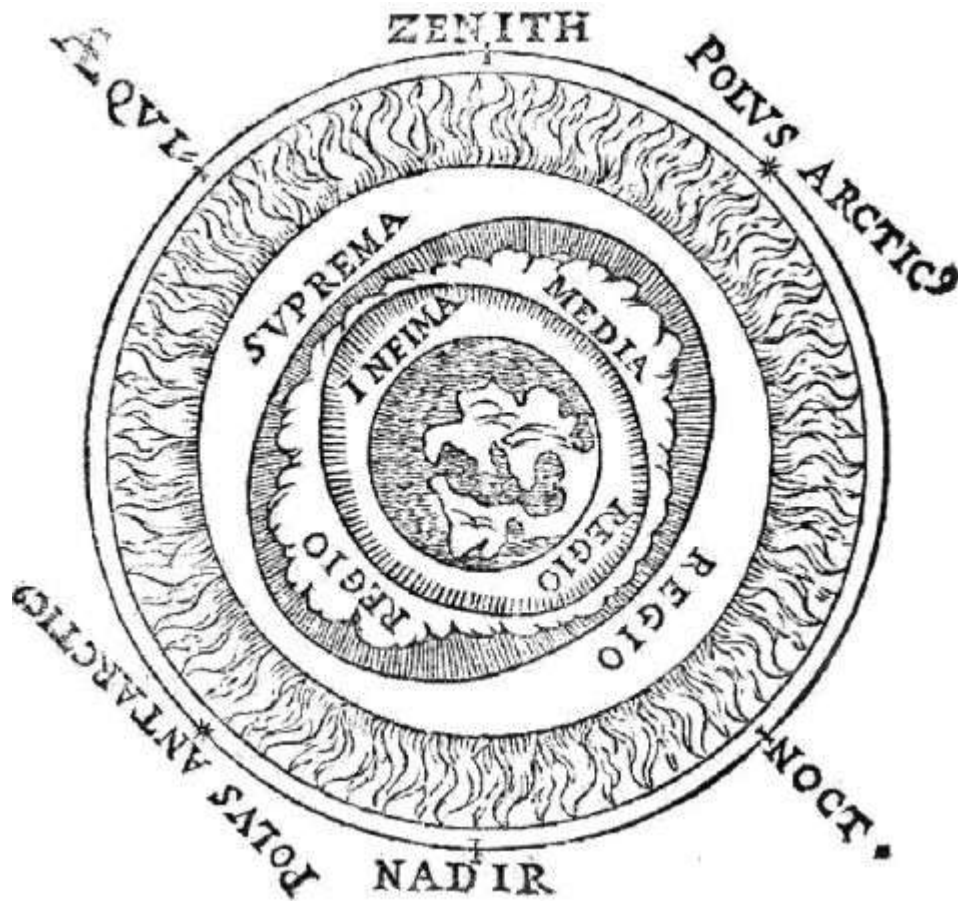
Podemos seguir en detalle el progreso de este concepto nuevo en los años posteriores a la publicación de la *Cosmographiæ Introductio* de Waldseemüller y Ringmann en 1507. La primera señal de cambio se encuentra en un manual de física publicado en Érfurt en 1514. El autor, Jodocus Trutfetter, presenta primero la teoría de una esfera, aunque después continúa explicando la idea de que el mar es más alto que la tierra; señala que los cosmógrafos más recientes han afirmado que existen antípodas habitadas en los extremos oriental y occidental del mundo, aunque equilibra esto explicando que san Agustín había negado la posibilidad de antípodas. Si el texto es cauto, la ilustración que lo acompaña no lo es: muestra únicamente tres esferas sublunares, de tierra, aire y fuego. Es evidente que tierra y agua constituyen ahora una esfera^{cxliv} 300.

²⁹⁹ Leurechon, *Selectae propositiones* (1629), 19. Un avance de la fecha más temprana (1646) conocida por Randles: Randles, *Geography, Cartography and Nautical Science in the Renaissance* (2000), artículo 1, 74. El primer uso conocido en inglés (previo a la fecha del *OED* de 1658) es Charleton, *The Darkness of Atheism Dispelled* (1652), 8.

³⁰⁰ Trutfetter, *Summa in tota[m] physicen* (1514), libro 2, cap. 2 (sig. liii-miiv). En Trutfetter, *Summa philosophiae naturalis* (1517), una versión abreviada de la edición anterior, el tema no se trata.



La primera ilustración compleja de la tierra y el agua que constituyen una esfera única en la que los dos elementos se conectan; del Opusculum de sphaera (1518), de Joannes de Sacro Bosco, editado por Tanstetter. Ahora hay tres esferas sublunares, no cuatro. (Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).



La representación de Clavio, de su comentario sobre Sacrobosco (1570, aquí de la edición revisada de 1581), de la relación entre tierra, agua, aire y fuego. Tierra y agua constituyen una esfera, rodeada por tres niveles de la atmósfera (el tiempo meteorológico se genera en el nivel intermedio); solo el más externo de estos niveles es una esfera perfecta, más allá de la cual está la esfera del fuego.

(Wellcome Library, Londres).

En 1515, Joachim Vadianus (Vadiano), un hombre de diversas capacidades (era el poeta laureado del imperio de los Habsburgo), publicó en Viena un pequeño panfleto, *Habes lector* («Querido lector»), que se reimprimió media docena de veces, en el que sugería,

a la luz del descubrimiento de América, que, contrariamente a la interpretación clásica de Aristóteles, la tierra habitable estaba distribuida casi aleatoriamente por la superficie del globo, y que la tierra y el agua estaban tan entremezcladas que formaban una esfera³⁰¹. El centro geométrico del globo y su centro de gravedad eran, afirmaba, uno y el mismo. En cuanto al temor de san Agustín de que admitir la existencia de antípodas sería reconocer que había seres humanos que no habían descendido de Adán, tenía una respuesta sencilla: se podía viajar por tierra desde España a la India, casi hasta la mitad del globo, y no había razón para pensar que ninguna tierra habitada estuviera situada a una gran distancia del resto (la implicación era que América estaba cerca de Asia). Tres años después, de nuevo en Viena, George Tannstetter (también conocido como Georgius Collimitius), que colaboraba estrechamente con Vadiano, publicó una edición de la *Sphere* de Sacrobosco que contiene la primera ilustración de la concepción «moderna» del globo, constituido por tierra y mar entrelazados³⁰².

³⁰¹ *Habes lector* se reimprimió en 1518, 1522 y 1557, pero también aparece en el aparato a Pomponio Mela, *De orbis situ* (1518, 1522, 1530, 1540, 1557), a veces encuadernado por separado y catalogado como una publicación diferente. Véase Randles, «Classical Models of World Geography» (1994) (reimpreso en Randles, *Geography, Cartography and Nautical Science in the Renaissance*, 2000), 66-67 (adviértase que el pasaje clave de Vadiano citado en 67 varía en las diferentes ediciones; compárese Agricola y Vadiano, *Habes lector* (1515), sig. B iii(r) con Mela, *De orbis situ libri tres. Adiecta sunt praeterea loca aliquot ex Vadiani commentariis* (1530), sig. X5v).

³⁰² Mela, *De orbis situ libri tres. Adiecta sunt praeterea loca aliquot ex Vadiani commentariis* (1530), V2v, V3r, V4r, X2r, X6r, Y3v. Sobre el papel de Tannstetter como editor del Sacrobosco de 1518, véase Hayton, «Instruments and Demonstrations» (2010), 129. Para una ilustración de 1524, véase Margolis, *Patterns, Thinking and Cognition* (1987), 236. *La Theorie des cielz*

En 1531, Jacob Ziegler publicó en Basilea un complejo comentario del libro II de la *Historia natural* de Plinio. En él interpretaba el relato de Plinio de cómo las aguas son más altas que la tierra en términos de la teoría medieval de las dos esferas, solo para concluir, de manera brusca, que los descubrimientos modernos habían demostrado que esta concepción del globo era errónea, pues la tierra no estaba confinada únicamente a un hemisferio del globo³⁰³. El mismo año que el libro de Ziegler, apareció en Wittenberg una edición de Sacrobosco con una introducción del principal teólogo luterano y educador, Melanchthon³⁰⁴. La introducción de Melanchthon encomiaba la astronomía como el estudio de la obra manual de Dios, pero también proporcionaba una compleja defensa de la astrología. Esta edición fue reimpressa muchas veces, y muy pirateada (en los países católicos la introducción se solía imprimir sin el nombre del autor, puesto que todos los textos escritos por protestantes estaban prohibidos; en los ejemplares anteriores, el nombre de Melanchthon suele estar tachado de la cubierta). Una ilustración nueva y crucial que muestra el globo de tierra-agua se copió de una edición de la *Sphere* que produjo Pedro Apiano en 1526, y, por la influencia de la edición de Wittenberg, se convirtió en el nuevo estándar; incluso se copió en el comentario sobre

(1528), de Oronce Fine, que no es un comentario sobre Sacrobosco, también adopta la nueva imagen del globo: Cosgrove, «Images of Renaissance Cosmography» (2007), 62-63.

³⁰³ Puntos de vista similares los habían expresado ya Fernández de Enciso (1519), Margalho (1520) y Fernel (1528): Randles, «Classical Models of World Geography» (1994), 65-69.

³⁰⁴ Gingerich, «Sacrobosco as a Textbook» (1988).

Sacrobosco producido por Cristóbal Clavio, cuya primera edición apareció en 1570 y que fue reimpresso muchas veces³⁰⁵.

En 1538 las imprentas de Wittenberg produjeron una versión nueva y trabajada de la edición de Melanchthon, que incluía *volvells*, instrumentos de papel o ilustraciones con partes circulares móviles³⁰⁶. En esta edición (que también fue reimpressa y copiada frecuentemente) los títulos de los capítulos convencionales en los que se había dividido el texto de Sacrobosco fueron revisados. Allí donde en ediciones previas había habido un capítulo que demostraba que la tierra era una esfera, y otro que demostraba que las aguas eran una esfera, esta nueva edición presentaba una sección entera en la que agua y tierra constituían un único globo. El texto no había sido cambiado (como lo fue, por ejemplo, en una edición para su uso en escuelas que apareció en Leiden en 1639), pero el nuevo título, *Terram cum aqua globum constituere*, transformaba su significado³⁰⁷. Desde 1538 la nueva comprensión de la tierra y el agua constituyendo una única esfera se convirtió en ortodoxia tanto para los astrónomos protestantes como para los católicos.

³⁰⁵ Hamel, *Studien zur «Sphaera»* (2014), 42-50.

³⁰⁶ Gingerich, «Sacrobosco Illustrated» (1999), 213-214.

³⁰⁷ He visto la última reedición: Sacrobosco, *Sphaera... in usum scholarum* (1647).



Nueva ilustración de Pedro Apiano para demostrar que la tierra es redonda, copiada posteriormente por Melanchthon y Clavio, de Sphaera... per Petrum Apianum... recognita ac emendata (1526), de Sacrobosco. (Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).

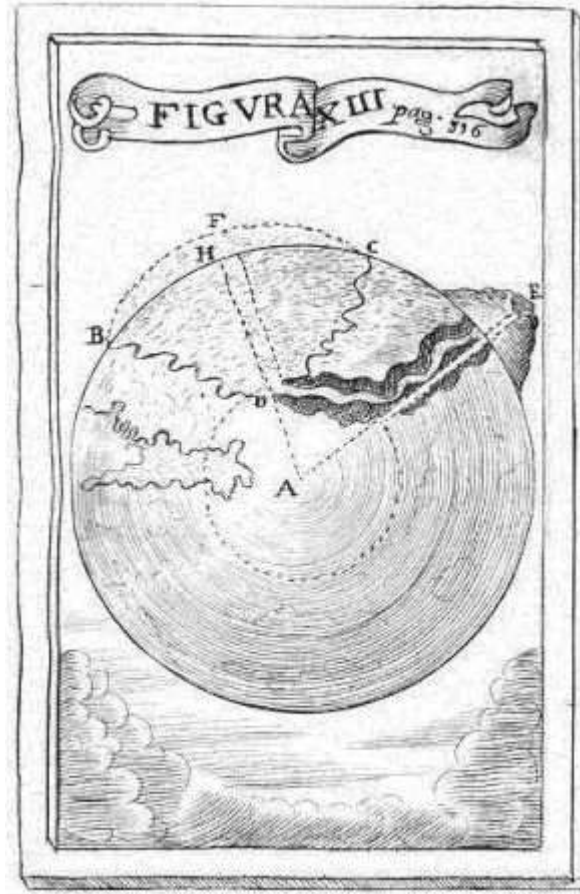


Ilustración de Anatomia physico-hydrostatica fontium ac fluminum (1663), de Schott, para demostrar cómo la superficie del océano se curva hacia arriba y cómo el agua del océano se desplaza subterráneamente a través de fisuras en la tierra para emerger como fuentes y ríos. El hecho de que el océano sea más alto que la tierra explica por qué el agua puede surgir del suelo por encima del nivel de la costa, aunque Schott reconoce que no se han establecido las alturas relativas de las cumbres de las montañas y del océano. (Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).

En 1475, la teoría de las dos esferas del mundo la aceptaban de forma universal filósofos y astrónomos; en 1550 todos los expertos

la habían abandonado³⁰⁸. Sin embargo, esto no significa que determinados aspectos de la teoría antigua no pudieran conservarse en la nueva. Se podría pensar que la adopción de la teoría del globo terráqueo significó automáticamente reconocer que los mares se sitúan por debajo de la tierra emergida, pero la opinión contraria parecía hallarse claramente establecida por las escrituras y por innumerables y respetables autoridades. De modo que el jesuita Mario Bettini (1582-1657) argumentaba que cuando Dios había convertido las esferas separadas de tierra y agua en una esfera, abriendo cavidades en la tierra para absorber la mayor parte del agua, había sido necesario compensar el hecho de que (puesto que el agua es, por definición, más ligera que la tierra) el centro de gravedad del nuevo globo terráqueo corría el peligro de no coincidir con el centro del universo; en consecuencia, las aguas se pandearon hacia fuera de modo que su peso fuera igual al de la tierra que habían desplazado. Gaspar Schott (1608-1666), también un jesuita, aceptó este argumento como explicación para el origen de la mayoría de ríos. Sus aguas de cabecera, pensaba (como la siguiente ilustración busca demostrar), se encuentran por debajo del punto más alto del mar (nivel alto del mar: F), pero por encima de la línea de costa (nivel bajo del mar: BC). Según él, era una cuestión abierta el que hubiera ríos que se originaran en un punto por encima del

³⁰⁸ Véase, por ejemplo, Beyer, *Quaestiones novae* (1551) y Sacrobosco, *Sphaera* (1552) (he utilizado la edición de 1601). Piccolomini, *La Prima parte delle theoriche* (1558) afirma que es nuevo y sorprendente, pero es evidente que escribe para una audiencia inexperta, y trata con desdén al único contemporáneo que ha encontrado que sostiene las opiniones antiguas.

nivel del mar (E). Así, la doctrina según la cual los mares son más elevados que la tierra sobrevivió hasta bien entrada la segunda mitad del siglo XVII^{cxlv} 309. Obviamente, la idea de que la altura de una montaña podía medirse desde el nivel del mar solo pudo establecerse cuando esta concepción se hubo abandonado. Aun así, esta no era la antigua teoría de las dos esferas, y no era axiomático que tierra y agua tuvieran un único centro, que era a la vez el centro geométrico y gravitatorio del globo. Solo puedo encontrar dos personas que, después de la publicación del mapa de Waldseemüller, defendieran la antigua teoría frente a los que la atacaban: la nueva realidad era incompatible con las teorías antiguas.

Una mañana de agosto de 1578 se originó un debate en la mesa del desayuno de duque de Saboya, Manuel Filiberto, acerca de por qué los ríos corren hacia el mar. Un filósofo averroísta que estaba presente, Antonio Berga, insistía en que, puesto que el mar era más alto que la tierra, esto no podía ser simplemente debido a que el agua fluye naturalmente cuesta abajo. Berga apelaba a las antiguas ortodoxias: la esfera del agua es diez veces mayor que la esfera de tierra, las dos esferas no tienen el mismo centro geométrico, y los océanos están más elevados que la tierra. Las opiniones de Berga las discutía Giovanni Battista Benedetti, que era oficialmente el matemático y filósofo del duque y, puesto que el honor de ambos

³⁰⁹ Schott, *Anatomia physico-hydrostatica* (1663). Cuestiones similares se discuten en Carpenter, *Geographie Delineated* (1635).

hombres estaba ahora en entredicho, el debate continuó una vez se hubo terminado la comida. Benedetti le dijo a Berga que leyera a Piccolomini, y puso algunos de sus argumentos sobre el papel para que el duque los leyera; Berga publicó una refutación de Piccolomini, e implícitamente de Benedetti; y Benedetti respondió, burlándose cruelmente de Berga (que mostró su falta de experiencia al confundir el Antártico y el Ártico) y llamándole «medio hugonote» en su filosofía (esto era golpe por golpe, porque Berga había rechazado las nuevas teorías como herejías filosóficas³¹⁰). Cabe señalar que Berga no hizo ningún intento de declarar que tenía el apoyo de filósofos contemporáneos para sus anticuadas ideas: si acaso hubo otros que pensaban como él, fueron demasiado sensatos para confiar sus argumentos a la imprenta. Porque para conservar la antigua ortodoxia habría sido necesario insistir en que las masas continentales del mundo estaban confinadas a un hemisferio³¹¹. Berga eludió esta cuestión y, hasta donde yo sé, solo una persona fue lo bastante necia para presentar explícitamente dicho argumento^{cxlvi}.

³¹⁰ Berga y Piccolomini, *Discorso* (1579); y Benedetti, *Consideratione* (1579); los dos textos se publicaron después juntos en latín (el texto de Berga fue traducido por otra persona, porque Berga ya estaba muerto o agonizaba): Berga y Benedetti, *Disputatio* (1580). (Los textos tienen portadas separadas, pero la paginación es continua).

³¹¹ Madeleine Alcover afirma (Cyrano de Bergerac, *Les États et empires de la lune et du soleil* (2004), 27), sobre la base de un artículo de Maurice Laugaa, que Vincent Leblanc negaba la existencia de un segundo hemisferio en 1634. No he visto el artículo de Laugaa, pero el texto de Leblanc, al menos en su traducción, no sostiene la afirmación: Leblanc, *The World Surveyed* (1660), 171-173.

Aun así, cabía esperar que hubiera habido toda una gama de teorías alternativas propuestas para explicar la nueva evidencia. Por ejemplo, se hubiera podido argumentar que lejos de existir una esfera terrena flotando en el océano ahora era aparente que había dos. Esta opinión la expresaron aquellos (de los que Copérnico se hizo eco) que describieron el Nuevo Mundo como *altera orbis terrarum*, otra esfera (o círculo) de masas continentales. La propuso de manera totalmente seria en 1535 Oviedo (Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés), al escribir la historia oficial española del descubrimiento del Nuevo Mundo³¹². Pero para Copérnico eso era simplemente una manera de hablar, porque era evidente que no se podía tener dos esferas de tierra y al mismo tiempo colocar el elemento tierra en el centro del universo. Un universo en el que había dos tierras dentro de una esfera de agua ya no era un universo aristotélico. *Altera orbis terrarum* era una frase pegadiza que no podía transformarse en una teoría viable. Así, se abandonó la teoría de las dos esferas, incluso mientras algunos pensadores conservadores hacían esfuerzos para preservar la afirmación tradicional de que los mares están más altos que la tierra.

Un autor, sin embargo, no fue derrotado tan fácilmente. En su *Universae naturae theatrum* («Teatro de la naturaleza universal») de

³¹² Bataillon, «L'Idée de la découverte de l'Amérique» (1953), 31. La frase se origina con Pedro Mártir en 1493: O'Gorman, *The Invention of America* (1961), 84-85. El mismo Colón sostenía que en su tercer viaje había descubierto un nuevo mundo, aunque en sus dos primeros viajes había descubierto una parte de Asia: O'Gorman, *The Invention of America* (1961), 94-104. Asimismo, a veces se decía que las nuevas tierras estaban *extra orbem*, fuera de la esfera de la tierra: Randles, «Le Nouveau Monde» (2000), 31.

1596, Jean Bodin aducía que los nuevos continentes eran simplemente enormes placas que flotaban sobre un océano sin fondo. Sostenía que el elemento tierra es más pesado que el elemento agua, pero que (siguiendo la ortodoxia aristotélica) los objetos más pesados pueden, si tienen la forma adecuada, flotar sobre objetos más ligeros. Los continentes flotantes desplazarían su propio peso en el agua (según el principio de Arquímedes) pero, en una sorprendente conclusión errónea, solo una sexta parte de su masa se encontraría bajo las olas. Para empeorar todavía más las cosas, Bodin se aferraba a la creencia tradicional de que el océano sobresale por encima de la tierra, más alto que las cumbres de las más altas montañas, aunque esto era difícilmente compatible con su explicación de que los continentes flotaban muy por encima de las olas. Bodin estaba seguro de que se podían tener masas continentales flotantes; creía que había informes fiables de islas que furtivamente cambiaban de posición durante la noche, pero los grandes continentes, pensaba, permanecían en su sitio. Así, Bodin propuso no un globo terráqueo, sino uno acuatérreo, en el que (tal como un anotador resumió su tesis en el margen del texto) *terram aquis supernatare*, la tierra flota en la superficie de las aguas³¹³.

Los motivos de Bodin para este extraño argumento son complejos. En primer lugar, estaba convencido de que la tierra no se hallaba confinada a un hemisferio, de modo que la antigua teoría de las dos

³¹³ Bodin, *Universæ naturæ theatrum* (1596), 183-193; Bodin, *Le théâtre de la nature universelle* (1597), 252-265; Blair, *Annotations in a Copy of Jean Bodin, Universae naturae theatrum* (1990).

esferas no funcionaba. En segundo lugar, había leído en Copérnico una demostración de que si el tamaño de la tierra fuera la décima parte del tamaño de las aguas, se hallaría completamente sumergida si cualquier parte de la misma se superpusiera al centro de la esfera de agua. De modo que decidió que la única solución, si se quería conservar la proporción adecuada entre agua y tierra, era fragmentar la tierra y esparcirla sobre la superficie de las aguas. Al hacerlo, abandonó completamente dos principios que habían sido fundamentales para Aristóteles: que el elemento tierra es una esfera, y que el elemento tierra se encuentra en el centro del universo. Pero creía que se había acercado al relato de la creación del Antiguo Testamento.

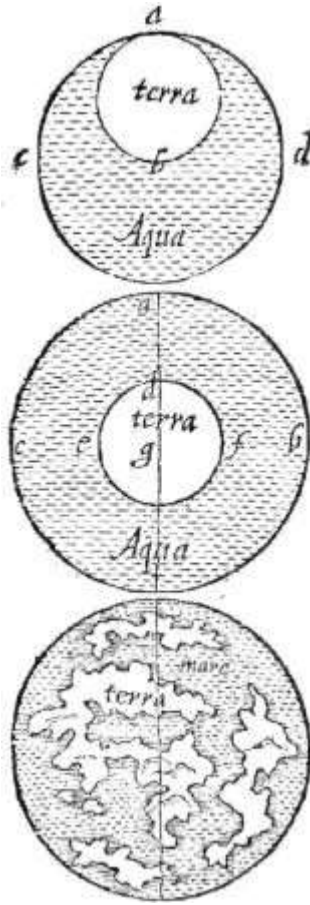
La teoría de Bodin era tan peculiar que Gaspar Schott, que escribía dos generaciones más tarde, simplemente no podía entenderla³¹⁴. Interpretaba, muy equivocadamente, que Bodin defendía una esfera muy grande de tierra flotando en una esfera de agua, con lo que conservaba los principios básicos de un argumento aristotélico tradicional. Dibujó un esquema complicado para explicar lo que creía que era la teoría de Bodin, aunque su dibujo es muy distinto al de Bodin. La total incompreensión de Schott sugiere que habría sido difícil para Bodin persuadir a otros estudiosos de que sus opiniones tenían sentido. Quienquiera que las hubiera examinado detenidamente se habría visto obligado a concluir que su explicación de cómo cuerpos más pesados que el agua podían flotar

³¹⁴ Schott, *Anatomia physico-hydrostatica* (1663), 245-248.

estaba plagada de contradicciones porque Arquímedes y Aristóteles eran simplemente incompatibles, y es muy difícil ver de qué manera se podría haber generado una teoría estable que se basara en el concepto de Bodin de continentes flotantes.

¿Qué hemos de deducir, entonces, del peculiar relato de la desaparición casi silenciosa de la teoría de las dos esferas? Se disponía de buenas evidencias contra ella mucho antes de que Vespuccio alcanzara el Nuevo Mundo. Gil de Roma y Dante habían indicado que si la teoría era correcta la tierra que emergiera de las aguas habría de tener forma circular, y no la tenía. Dante, de manera totalmente sensata, dijo que se ha de establecer si algo es el caso (*an sit*) antes de determinar por qué era el caso (*propter quid*); según su opinión, la evidencia falsaba la teoría de las dos esferas, incluso si dicha teoría era una elegante reinterpretación de Aristóteles^{cxlvii}. Además, los primeros y reforzados proponentes de lo que más tarde se conocería como la teoría del globo terráqueo, Andalò di Negro y Themo Judaei, habían señalado la forma circular de la sombra de la tierra durante los eclipses de luna (un fenómeno que Aristóteles ya conocía) como prueba de que únicamente había una esfera terráquea, no dos esferas superpuestas. El agua, insistían, no era simplemente transparente: una esfera de agua proyectaría una sombra, y no podía verse dicha sombra³¹⁵. Copérnico recicló este argumento en *De revolutionibus* (1543).

³¹⁵ Cesari, *Il trattato della sfera* (1982), 144-147.



*Ilustración de Jean Bodin para mostrar su nueva teoría de la relación entre la tierra y el agua, del *Universae naturae theatrum* (1596). La imagen central muestra la concepción convencional del Medioevo tardío de una esfera de tierra de la décima parte del tamaño de la esfera de agua; la imagen superior muestra que dicha esfera de tierra no podría superponerse con el centro del universo, y la imagen inferior muestra la idea de Bodin, de una serie de placas de tierra plana que flotan sobre los océanos. (Special Collections, Universidad de Glasgow).*



Versión de Schott de la nueva teoría de Bodin de la relación entre tierra y agua, de su Anatomia physico-hydrostatica (1663). (Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).

En el siglo XIV se había presentado evidencia, evidencia buena, contra la teoría de las dos esferas, que había sido dejada de lado. A principios del siglo XVI los viajes de Vespucio proporcionaron evidencia adicional contra tal teoría, y era decisiva. ¿Era diferente la calidad de la evidencia? Lo era. Hay dos características importantes de los viajes de Vespucio (del que los estudiosos modernos debaten cuántos viajes hizo, y si escribió los relatos de sus viajes que se publicaron en su nombre). Primera, no se discutía la importancia de

los descubrimientos en el Nuevo Mundo, por la simple razón de que se habían convertido en asuntos de estado, la ocupación de los reyes. ¿Cómo podían los estudiosos ignorar lo que los gobiernos se tomaban en serio? Segunda, y todavía más importante, estos descubrimientos eran *nuevos*. Cuando Andalò di Negro invocó la sombra de la Tierra tal como se veía en los eclipses de luna, o Dante invocó la forma de la tierra emergida en el mundo conocido, recurrían a información de la que se disponía desde hacía mucho tiempo. Era fácil suponer que tales argumentos ya se habían tenido en cuenta, de alguna manera, en algún lugar, por los defensores de la teoría de las dos esferas, porque en una cultura basada en manuscritos nadie puede esperar tener a mano todos los textos relevantes. Pero era evidente que la información de Vespuccio, sencillamente, no tenía precedentes: era necesario abordarla aquí y ahora.

La invención del descubrimiento, actuando en combinación con la imprenta, transformó el equilibrio entre evidencia y teoría, inclinándolo lejos de la reinterpretación de argumentos antiguos y hacia la adquisición e interpretación de nueva evidencia. En lo que concierne a la teoría de las dos esferas, los viajes de Vespuccio fueron letales. Los nuevos hechos eran hechos eliminadores. Resulta que esta es la primera ocasión, desde el establecimiento de las universidades en el siglo XIII, en que una teoría filosófica fue destruida por un hecho^{cxlviii}. Por sorprendente que parezca, no hay ninguna ocasión previa en la que nueva evidencia empírica determinara el resultado de un debate entre filósofos que hacía

tiempo que duraba. Aristóteles, por ejemplo, había aducido que los nervios están todos conectados al corazón; Galeno había demostrado que estaban conectados al cerebro; pero los filósofos aristotélicos, tanto los antiguos como los medievales, habían continuado siguiendo las enseñanzas de Aristóteles, como si Galeno no existiera^{cxlix}. En 1507 la relación entre teoría y evidencia cambió, y cambió para siempre.

§ 3.

En 1543 Copérnico publicó *De revolutionibus*, en el que argumentaba que, lejos de encontrarse inmóvil en el centro del universo, la Tierra orbita alrededor del sol una vez al año y gira sobre su eje cada veinticuatro horas³¹⁶. Copérnico era un canónigo de la catedral de Warmia en la Prusia polaca y había estudiado extensamente en Italia (astronomía en Bolonia y medicina en Padua). Inicia su gran obra recorriendo una serie de argumentos convencionales extraídos de Sacrobosco: los cielos son esféricos; la tierra es esférica; las aguas son esféricas. En la última frase del libro 1, capítulo 2, Copérnico rechaza el argumento (tomado de Plinio y de la Biblia) de que las aguas se hallan más altas que la tierra. Después, en el capítulo 3, destaca la importancia del descubrimiento de América: tierra y agua constituyen un globo en el que el centro de gravedad y el centro geométrico coinciden. Las aguas no pueden ser, como algunos filósofos medievales habían

³¹⁶ Copérnico, *On the Revolutions* (1978).

afirmado, diez veces más extensas que la tierra, porque si lo fueran, y la tierra es redonda y se eleva sobre la superficie del agua, entonces simplemente la geometría demuestra que ninguna parte de la tierra coincidiría con el centro del universo. Existen realmente antípodas y antíctonos: «De hecho, el razonamiento geométrico acerca de la localización de América nos fuerza a creer que se halla diametralmente opuesta al distrito del Ganges de la India» (un cálculo bastante diferente del que hizo Vadiano, que había situado la India y África como antípodas mutuos). Así, Copérnico argumentaba en pro de una tierra esférica, aduciendo la evidencia de la forma de la Tierra proyectada sobre la luna durante los eclipses para confirmar que la Tierra era a todos los efectos una esfera perfecta, con independencia de la montaña o el valle ocasionales; este era un primer paso crucial para después afirmar que la Tierra gira alrededor de un eje norte-sur.

En 1543, el perfil general del argumento de Copérnico que consideraba la Tierra como un único globo era convencional. Pero sabemos que Copérnico había formulado por primera vez sus opiniones en 1514, porque en tal fecha ya existía al menos una copia de su esbozo preliminar, el *Commentariolus*, o *Pequeño comentario*³¹⁷. Nos proporciona dos relatos del desarrollo de su pensamiento, uno al principio del *Commentariolus* y el otro al principio de *De revolutionibus*. Por ellos sabemos que hacía tiempo que estaba insatisfecho con las teorías astronómicas

³¹⁷ Rosen (ed)., *Three Copernican Treatises* (1959).

convencionales, que se había dedicado a un programa sistemático de lectura con el fin de identificar alternativas, que la idea de que la Tierra se movía le había parecido al principio absurda pero que persistió con ella, determinado a ver si podía proporcionar la base para una nueva explicación de los movimientos de los cielos.

Los pocos comentaristas que han entendido que la doctrina de Copérnico de que la tierra y los mares forman una esfera era relativamente nueva han llegado a la conclusión, de manera totalmente correcta, de que hubo un obstáculo fundamental que Copérnico tuvo que superar antes de que pudiera imaginar una Tierra en rotación: tuvo que imaginar que la Tierra es esférica (para llegar a los límites de la posibilidad, que es simétrica en un eje norte-sur o, como un mínimo absoluto, que tiene su centro de gravedad en su eje norte-sur³¹⁸). Edward Rosen ha afirmado que la información geográfica en el libro I, capítulo 3, de *De revolutionibus* (como la afirmación de que América es las antípodas del Ganges) se basa en el mapa de Waldseemüller de 1507, el libro que lo acompañaba y otro mapa de John Ruysch publicado el mismo año³¹⁹. Si es así, parece que Copérnico llegó a considerar a la Tierra como un globo esférico en algún momento entre 1507 y 1543. Pero ¿cuándo, exactamente?

³¹⁸ Goldstein, «The Renaissance Concept of the Earth» (1972), es el texto clave, del que se hace eco Grant, «In Defense of the Earth's Centrality and Immobility» (1984), 27 n. 90 y Grant, *Planets, Stars and Orbs* (1994), 636 n. 66.

³¹⁹ Rosen, «Copernicus and the Discovery of America» (1943).

Aquí no tenemos ninguna fuente de información útil que no sea el *Commentariolus*. Empieza con varios axiomas. El segundo es «*centrum terræ non esse centrum mundi, sed tantum gravitatis et orbis lunaris*» («el centro de la tierra no es el centro del universo [porque el sol, no la Tierra, se halla en el centro del universo], sino solo el centro de gravedad y de la esfera lunar»). Tal como vimos en el capítulo 3, la concepción del Medievo tardío era que la tierra se superponía con el centro del universo pero que había al menos tres centros de gravedad relevantes: el centro de la tierra, hacia el que caían los objetos sólidos; el centro de la esfera de agua, hacia el que el agua descendía; y el centro de gravedad (es decir, el punto de balance o equilibrio) de las dos esferas. Se consideraba que uno de estos tres centros era el centro del universo. *Centrum terræ esse centrum gravitatis* corta simplemente este debate con el menor número posible de palabras, rechaza los argumentos de la escuela de París y demuestra que Copérnico ya suscribía en 1514 el argumento que Vadiano iba a ser el primero en publicar (en 1515), y que Copérnico repetiría en *De revolutionibus*: el centro geométrico y de gravedad de la Tierra son uno y el mismo.

En segundo lugar, Copérnico describe la rotación de la Tierra como sigue: «*Alius telluris motus est quotidianæ revolutionis et hic sibi maxime proprius in polis suis secundum ordinem signorum hoc est ad orientem labilis, per quem totus mundus præcipiti voragine circumagi videtur, sic quidem terra cum circumfluis aqua et vicino aere volvitur*». Rosen lo traduce así: «El segundo movimiento, que es peculiar de la tierra, es la rotación diaria sobre los polos en el orden

de los signos, es decir, de oeste a este. Como consecuencia de esta rotación, todo el universo parece girar con velocidad enorme. Así gira la tierra junto con las aguas circunyacentes y la atmósfera que la rodea».

Hemos de ser un poco más precisos: *terra cum circumfluis aqua et vicino aere volvitur* significa «la tierra gira, junto con el agua y el aire aledaño que fluye a su alrededor»³²⁰. En la concepción tradicional (rechazada explícitamente por Copérnico en *De revolutionibus*), la tierra flota como una manzana en una gran esfera de agua³²¹. Pero aquí el agua se compara al aire circundante: ambos se encuentran sobre la superficie de la tierra y fluyen a su alrededor y a través de ella. Así pues, aquí está prefigurada la afirmación que posteriormente se hace en *De revolutionibus*, de que «finalmente, pienso que está claro que tierra y agua conjuntamente presionan sobre un único centro de gravedad; que la tierra no tiene ningún otro centro de magnitud; en que, puesto que la tierra es más pesada, sus cavidades están llenas de agua; y que en consecuencia

³²⁰ Compárese la traducción de Swerdlow (Swerdlow, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory» (1973), 444): «Y así la tierra gira junto con el agua que fluye a su alrededor y el aire cercano»; la traducción de Swerdlow depende de corregir *circumfluis* por *circumflua*, contra la evidencia del manuscrito.

³²¹ Para la manzana, Mela, *De orbis situ libri tres. Adiecta sunt praeterea loca aliquot ex Vadiani commentariis* (1530), X5(v); Gaspar Peucer, *Elementa doctrinae* (1551), citado en Besse, *Les Grandeurs de la Terre* (2003), 110; y Hooykaas, *G. J. Rheticus's Treatise on Holy Scripture and the Motion of the Earth* (1984), 86, 128-131. Adviértase, también, que *circumfluere* es el verbo usado en este contexto por Vadiano. Es evidente que Rheticus había leído a Vadiano, y quizá supo de este texto por Copérnico: Hooykaas, *G. J. Rheticus's Treatise on Holy Scripture and the Motion of the Earth* (1984), 87.

hay poca agua en comparación con la tierra, aunque quizá aparece más agua en la superficie».

De modo que si consideramos detenidamente el texto del *Commentariolus* encontramos, en forma telegráfica, lo que se convertirá en el argumento de *De revolutionibus*³²². De ahí se siguen tres conclusiones. Primera, el *Commentariolus* no pudo haberse escrito antes de 1507. Hay evidencia independiente que respalda esta idea, porque en 1508 Lawrence Corvinus escribió un poema en el que implica que Copérnico creía en aquella época que el sol se movía en los cielos; en otras palabras, todavía no había adoptado el heliocentrismo, aunque ya había formulado «maravillosos [y nuevos] principios»³²³. Segunda, Copérnico fue uno de los primeros desde el siglo XIV en rechazar la teoría de la tierra de las dos esferas y los diversos centros, lo que ayuda a explicar el énfasis que pone en este argumento en *De revolutionibus*, a pesar del hecho de que en 1543 estaba llamando a una puerta abierta. De hecho, otros copernicanos tuvieron que haber encontrado el énfasis de Copérnico en este punto difícil de entender, porque había dejado de ser motivo de

³²² Si esto es correcto, el comentario de Swerdlow confunde en determinados aspectos. Así, no puede considerarse que el segundo postulado de Copérnico sea simplemente una consecuencia de los postulados 3 y 6, y la frase de Copérnico *centrum gravitatis* no significa otra cosa que «el centro hacia el que se desplazan las cosas pesadas» (Swerdlow, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory», 1973, 437-438). De forma similar, la afirmación de que «para comprender adecuadamente la obra de Copérnico, tal como él la entendía, uno ha de separarla completamente de la filosofía natural... y de la física terrestre» (440) no puede ser cierta.

³²³ Swerdlow considera que la fecha más temprana posible es 1500. Para una serie de argumentos sólidos para una fecha c.1508 (pero que omite cualquier referencia a las pruebas cruciales que aquí se discuten), véase Goddu, «Reflections on the Origin of Copernicus's Cosmology» (2006). Goddu (37-38, siguiendo a Rosen) discute el poema de Corvinus.

disputa muy rápidamente. Thomas Digges, cuando tradujo al inglés las partes clave del libro 1, dejó fuera toda la discusión sobre la redondez de la tierra, porque sencillamente dio por sentado que la Tierra es una «bola de tierra y agua»³²⁴.

Con esta cronología en mente, ahora podemos plantear una pregunta importante: ¿fue la adopción por parte de Copérnico de la teoría del globo terráqueo el acontecimiento clave que le llevó a pasar del geocentrismo al heliocentrismo? Se ha sugerido que originalmente Copérnico consideró una teoría geoheliocéntrica, es decir, una teoría en la que el sol gira alrededor de la tierra y los planetas giran alrededor del sol: la teoría que posteriormente defendió Tycho Brahe³²⁵. Lo dudo, porque parece que Copérnico supuso que la teoría correcta ya debía de haberse formulado: necesitaba leer hasta que la encontrara. No buscaba una teoría totalmente nueva; todavía no tenía la noción de que el conocimiento era progresivo. Aun así, si Copérnico consideró el geoheliocentrismo, parece evidente que lo abandonó rápidamente, presumiblemente cuando reconoció que dicha teoría era incompatible con la creencia en esferas físicas que portaran los planetas, pues la órbita de Marte alrededor del sol intersecaría la del sol alrededor de la tierra. Tan pronto como decidió considerar una teoría más radical, el heliocentrismo (más radical en el sentido de que implicaba una Tierra en movimiento, pero más conservadora porque era

³²⁴ Digges y Digges, *A Prognostication Everlasting* (1576), M2r.

³²⁵ Swerdlow, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory» (1973), 425-429.

compatible con la creencia en esferas físicas, y en que ya había sido formulada por filósofos antiguos), tuvo que haber comprendido que tenía que determinar la forma del agregado tierra-agua, porque su Tierra tenía que ser capaz de girar sobre su eje y de volar por el espacio.

La teoría de Sacrobosco, que las aguas habían sido desplazadas del centro de la tierra, tenía que rechazarse de entrada, porque, ¿cómo podían estas aguas girar tranquilamente alrededor del centro de la tierra si este no era su centro? La concepción parisina, que el centro de gravedad de la tierra correspondía al centro de la esfera de agua, podría haber parecido a primera vista una opción viable. Pero Copérnico era un matemático competente. Pronto se habría dado cuenta, como señaló en *De revolutionibus*, que si, como se suponía de manera general, la esfera de agua era diez veces mayor que la esfera de tierra, entonces la esfera de tierra no se superpondría en absoluto con el centro de la esfera de agua, de modo que no se podría hacer que los centros de gravedad de la tierra y del agua coincidieran. Incluso si reducía considerablemente la esfera de agua, sería difícil hacer que el centro de gravedad de la esfera de tierra correspondiera con el centro de la esfera de agua, a menos que se supusiera que la tierra emergida era radicalmente diferente de la tierra elemental; y tendría que hacerse que una gran parte de la esfera de tierra estuviera constituida por tierra teóricamente «emergida», aunque se hallara por debajo del nivel de las aguas. Pierre d'Ailly, y después de él Gregor Reisch (1496), habían intentado superar esta dificultad tratando la tierra y el agua como

un agregado único cuando identificaban un centro de gravedad que pudiera coincidir con el centro del universo: el resultado era una teoría que afirmaba que para algunos propósitos había que pensar en «la Tierra» como si estuviera constituida por dos esferas; para otros fines, había que pensar que estaba constituida por una esfera³²⁶. En cualquiera de los dos casos, podía haber antípodas, pero solo a lo largo del borde entre las dos esferas.

Copérnico nos dice que emprendió un programa sistemático de lectura mientras se esforzaba en la formulación de su nueva astronomía³²⁷. Michael Shank ha sugerido que en el curso de esta lectura, Copérnico obtuvo un ejemplar del compendio de textos astronómicos publicado por la imprenta Giunta en Venecia en 1508. Allí habría encontrado la breve exposición de Grosseteste de la teoría de una esfera. Pero también habría encontrado un comentario sobre Sacrobosco por Giambattista Capuano (publicado por primera vez en 1499), que es el único texto precopernicano que discute cómo se podría formular una teoría astronómica basada en el concepto de una tierra móvil³²⁸. De manera crucial, Capuano discute no solo la idea familiar (enunciada por Oresme) de que la tierra y no los cielos puede girar diariamente, sino también la posibilidad de que pueda desplazarse por los cielos en una ruta anual comparable a la ruta que normalmente se asigna al sol. Si este texto cayó efectivamente en manos de Copérnico (y Copérnico había estudiado en Padua

³²⁶ Besse, *Les Grandeurs de la Terre* (2003), 91-96.

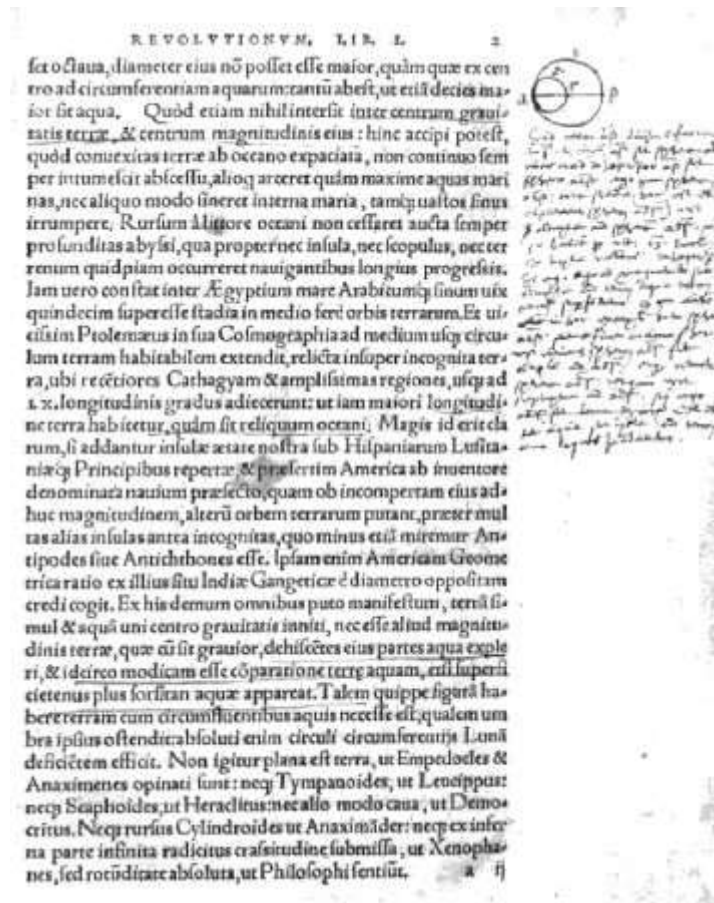
³²⁷ Copérnico, *On the Revolutions* (1978), 4.

³²⁸ Shank, «Setting up Copernicus?» (2009).

entre 1501 y 1503, cuando Capuano daba lecciones de astronomía, de modo que podía haber oído ya sus lecciones, o leer una edición impresa temprana), entonces podemos estar seguros de que lo leyó con gran detenimiento. Capuano formuló una serie de objeciones a la tierra en movimiento que habían de hacerse clásicas: por ejemplo, si se lanza un objeto directamente hacia arriba en una barca en movimiento caerá detrás de la barca³²⁹. Si la tierra girara, aducía, todos nos ahogaríamos, pues cada día nuestro pedazo de tierra se hundiría bajo las aguas (que es lo que ocurriría, según la teoría de las dos esferas). Si alguien argumentaba que tierra, agua y aire giraban juntos, de modo que todos permanecían estacionarios unos con respecto a los demás, ¿entonces por qué hay siempre vientos violentos que soplan en las cimas de las montañas? Capuano creía que dichos vientos eran causados por el movimiento de las esferas que se transmitía a la alta atmósfera. La detenida formulación de Copérnico en el *Commentariolus*, que la tierra gira junto con el aire *circundante*, parece casi dirigida a dejar margen para la incapacidad de la alta atmósfera para girar junto con la tierra, con lo que proporcionaba una explicación alternativa para los vientos en las cumbres de las montañas. Leer a Capuano hubiera dejado a Copérnico convencido de que necesitaba dar una explicación del tipo de cuerpo que es la Tierra, junto con una explicación de lo que ocurre cuando los objetos caen en una Tierra en movimiento. (El

³²⁹ Todo un conjunto de argumentos en contra de una tierra en movimiento se pueden encontrar ya en Alberto de Sajonia, que responde a Oresme: Sarnowsky, «The Defence of the Ptolemaic System» (2007), 35-38.

relato de Copérnico explica que los objetos que caen se mueven con la Tierra en movimiento, pero no extiende esto para afirmar que un objeto que caiga en un barco en movimiento se movería con el barco).



Un ejemplar de la primera edición de Copérnico (de la Universidad de Lehigh), con una anotación contemporánea. El lector trata de resolver la lógica de la afirmación de Copérnico de que la explicación tradicional de la relación entre tierra y agua es internamente contradictoria, pues el volumen de agua no puede ser diez veces el volumen de la tierra si la esfera de la tierra ha de superponerse al centro de la esfera de agua, que es lo que tiene que ocurrir si la tierra

tiene que hallarse todavía en el centro del universo, a pesar de que su propio centro ya no coincide con este. El mismo aspecto, exactamente, llamó la atención de Bodin en el Theatrum. (Estoy en deuda con Noel Malcolm por la meticulosa transcripción de esta anotación casi ilegible). (Special Collections, Lehigh University Libraries, Pensilvania, EE. UU.).

Si imaginamos que Copérnico había alcanzado este punto en su pensamiento poco después de 1508, entonces los descubrimientos geográficos de Américo Vespucio y los mapas y comentarios de Waldseemüller y Ringmann habrían sido cruciales para él en el desarrollo de su teoría heliocéntrica, porque proporcionaban una solución definitiva al problema de la forma de la Tierra. Es evidente a partir del texto de *De revolutionibus* que el concepto del globo terráqueo fue de importancia fundamental para Copérnico; este fue seguramente el último ladrillo en la construcción de la nueva teoría³³⁰. Sin Vespucio no hubiera habido copernicanismo, porque el copernicanismo necesitaba una teoría moderna de la Tierra.

¿Podemos poner a prueba la afirmación de que el copernicanismo necesitaba una teoría moderna de la Tierra? Al principio, parecería algo imposible: todo lo que tenemos para avanzar son dos textos de Copérnico. Pero hay otras tres presentaciones tempranas de la

³³⁰ Swerdlow, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory» (1973), 425, 442, 474, 477. Para una discusión reciente de estas cuestiones (que al menos reconoce la obra de Margolis), véase Clutton-Brock, «Copernicus's Path to His Cosmology» (2005), 209 y n. 27 (que se cita en Goddu, «Reflections on the Origin of Copernicus's Cosmology» (2006), n. 55)

afirmación que la Tierra se mueve: la *Narratio prima* («Primera narración», 1540), de Rheticus, el discípulo de Copérnico, que supuso la primera aparición impresa de una descripción de las teorías de Copérnico; el breve tratado de Celio Calcagnini que argumentaba que la Tierra gira sobre su eje (anterior a 1541 y por lo tanto anterior a Copérnico), y un texto de Rheticus (1542-1543) que trataba de argumentos bíblicos contra el movimiento de la Tierra. Aunque todos estos textos son muy tardíos para que hubiera necesidad de demostrar extensamente que la Tierra es una esfera, cabe esperar encontrar claramente en ellos referencias a la moderna teoría de la Tierra cuando discuten el movimiento de la Tierra; y las encontramos. Cada uno de ellos cree que es necesario destacar que la Tierra es una bola, globo o esfera perfectamente redonda³³¹.

§ 4.

¿Cuáles son las implicaciones de afirmar que la Tierra es un planeta? Copérnico no discute la cuestión; pero sus sucesores estaban obligados a hacerlo. En el verano de 1583, un italiano pequeño y extraño dio una serie de conferencias en Oxford³³². Lo

³³¹ Rheticus, *Narratio prima* (1540), D3v, D4v; Rosen (ed.), *Three Copernican Treatises* (1959), 14 («como una bola en un torno»), 149; Calcagnini, *Opera aliquot* (1544), 389 (donde los elementos que la rodean sirven para transformar la Tierra en una esfera perfecta, *pilae absolutae rotunditatis*); y Hooykaas, *G. J. Rheticus's Treatise on Holy Scripture and the Motion of the Earth* (1984), 49 (*totum globum ex terra et aqua, cum adiacentibus elementis*, 54-55).

³³² Sobre Bruno en Inglaterra, Massa, «Giordano Bruno's Ideas in Seventeenth-century England» (1977); McMullin, «Giordano Bruno at Oxford» (1986); Ciliberto y Mann (eds.), *Giordano Bruno, 1583-1585* (1997); Feingold, «Giordano Bruno in England, Revisited» (2004); y Rowland, *Giordano Bruno* (2008), 139-187.

conocemos como Giordano Bruno, pero le gustaba inventarse largos nombres y títulos para sí, nombres, se decía, más largos que su cuerpo. Las primeras palabras de esta carta suya provocaron risa:

Philoteus Jordanus Brunus Nolanus, doctor de una teología más sofisticada, profesor de una sabiduría más pura e inocente, conocido de las mejores academias de Europa, filósofo comprobado y reputado, extranjero únicamente entre bárbaros y bellacos, despertador de espíritus dormidos, domador de la ignorancia presuntuosa y tozuda, que profesa un amor general a la humanidad en todas sus acciones, que prefiere como compañía ni a britanos ni a italianos, ni a machos ni a hembras, ni a obispos ni a reyes, ni túnicas ni armaduras, ni frailes ni legos, sino solo a aquellos cuya conversación es más apacible, más civil, más fiel y más valiosa, que no respeta la cabeza ungida, la frente santiguada, las manos lavadas o el pene circuncidado, sino más bien el espíritu y la cultura de la mente (que se pueden leer en la cara de una persona real); al que los propagadores de la estupidez y los hipócritas de poca monta detestan, al que el sobrio y el estudioso aman, y a quien las mentes más nobles aclaman, al más excelente e ilustre vicescanciller de la Universidad de Oxford, muchos saludos³³³.

³³³ Rowland, *Giordano Bruno* (2008), 145-146.

Cuando se dirigía al atril se arremangaba las mangas, como si fuera un bufón a punto de realizar un truco. Cuando hablaba se sacudía e inclinaba como un zampullín común o chico^{cl}. Daba sus clases, como hacían todos los académicos, en latín, pero hablaba el latín con una pronunciación napolitana; los catedráticos de Oxford (que encontraban que su propia pronunciación inglesa del latín era civilizada y refinada) se reían de él por decir *chentrum*, *chirculus* y *chircumferenchia* (que da la casualidad que ahora es la pronunciación aprobada^{cli}). Pero principalmente criticaban su copernicanismo. Veinte años después, George Abbott, que acabaría convirtiéndose en arzobispo de Canterbury, lo recordaba como si fuera ayer: «se dedicó entre otras muchas cosas a divulgar la opinión de Copérnico, de que la tierra gira y los cielos están inmóviles; mientras que la verdad es que era su propia cabeza la que más bien giraba y su cerebro no paraba quieto»³³⁴.

Hacía cuarenta años desde que Copérnico había publicado *De revolutionibus*. Su nueva astronomía tenía ciertas ventajas evidentes sobre la astronomía establecida de Ptolomeo. Según Platón y Aristóteles, todo movimiento en los cielos tiene que ser circular e invariante y, como hemos visto, en el Renacimiento todavía había filósofos (como Girolamo Fracastoro, 1477-1553, el primero en pensar seriamente sobre las enfermedades infecciosas) que intentaban construir un modelo sencillo del universo que consistía en esferas anidadas alrededor de un centro común. Pero, por mucho

³³⁴ McNulty, «Bruno at Oxford» (1960), 302-303.

que lo intentaban, los filósofos no podían hacer que dichos modelos encajaran con lo que sucede realmente en los cielos. Lo que Ptolomeo había conseguido era un sistema que predecía con exactitud los movimientos en los cielos. El sistema ptolemaico, como los de Platón y Aristóteles, afirmaba que la luna, el sol y todos los planetas giraban alrededor de la tierra. Pero con el fin de predecir con exactitud el movimiento de estos cuerpos celestes empleaba un complejo sistema de deferentes (círculos), epiciclos (círculos sobre círculos), excéntricos (círculos que giraban alrededor de un centro desplazado) y ecuantes. El ecuante era un dispositivo para acelerar y reducir el movimiento de un cuerpo en los cielos al medir su movimiento no desde el centro de un círculo sino desde otro punto. Por estos medios el movimiento podía describirse (o describirse mal) como constante; así, era un método para hacer trampas sobre el principio fundamental en el que insistían los filósofos, según el cual el movimiento celeste tiene que ser circular e invariable. (Para los aristotélicos estrictos, incluso el epiciclo era un engaño, pues querían que todos los movimientos circulares tuvieran un centro común).

Copérnico propuso abolir el ecuante, y eliminar un epiciclo para cada planeta situado más alejado del sol que la Tierra al demostrar de qué modo el movimiento de la Tierra creaba un movimiento aparente en el cielo equivalente a un epiciclo. Copérnico también afirmaba que este sistema era preferible porque especificaba de manera más rígida las características del sistema en su conjunto. Los filósofos ptolemaicos no habían estado nunca seguros, por

ejemplo, de si Venus o el sol estaban más cerca de la tierra (la respuesta correcta, en nuestros términos, es que a veces es uno y a veces el otro, pero esta era una respuesta inaceptable en el sistema ptolemaico), mientras que el sistema de Copérnico situaba los cuerpos celestes en un orden fijo³³⁵.

Se solía pensar que Copérnico inició una revolución intelectual; de hecho, Thomas Kuhn llamó a su primer libro *The Copernican Revolution* (1957). Pero en esto Kuhn se equivocaba. En toda Europa los astrónomos se interesaron mucho en lo que Copérnico tenía que decir, pero, con solo unas poquísimas excepciones, dieron por sentado que su explicación de una Tierra que se movía era simplemente errónea. Si la tierra se movieran nos daríamos cuenta; sentiríamos el viento en la cara. Si dejáramos caer un objeto de una torre alta, caería hacia el oeste. Si disparáramos un cañón hacia el oeste, la bala iría más lejos que si lo disparáramos hacia el este. Puesto que ninguna de estas cosas ocurría, todos los principales astrónomos: Erasmus Reinhold (1511-1553), Michael Maestlin (1550-1631), Tycho Brahe (1546-1601), Cristóbal Clavio (1538-1612) y Giovanni Magini (1555-1617), estaban seguros de que Copérnico estaba equivocado. Aun así, estaban fascinados por la simplicidad de sus técnicas de cálculo, y emocionados por la idea de que podría ser posible eliminar el ecuante. En una extraordinaria

³³⁵ Goldstein, «Theory and Observation» (1972), 43. La cuestión de si la motivación inicial de Copérnico al adoptar el heliocentrismo era evitar los ecuantes o fijar el orden de los planetas es controvertida: véase Westman, «The Copernican Question Revisited» (2013). En favor de la opinión que la cuestión clave eran los ecuantes, según me parece, es la evidencia que se discute en el párrafo siguiente.

tarea de amor, todos los ejemplares que habían sobrevivido de la primera edición (1543) y de la segunda (1566) de *De revolutionibus* ha sido estudiada en la actualidad para identificar los comentarios al margen escritos por sus primeros lectores, con el resultado de que podemos decir de manera muy segura qué es lo que les gustaba y qué no les gustaba, lo que encontraban creíble y lo que encontraban increíble³³⁶. Les gustaba el copernicanismo como dispositivo matemático; no tenían tiempo para él en tanto que verdad científica. Lo leían tal como la carta introductoria (que ahora se sabe que había escrito Osiander, y añadida sin el permiso de Copérnico) los animaba a hacer, como una construcción puramente hipotética.

En 1583 solo había, hasta donde sabemos, tres astrónomos competentes en toda Europa que aceptaban la afirmación de Copérnico de que la Tierra viajaba alrededor del sol: en Alemania, Christoph Rothmann (que no publicó, y que acabó abandonando el copernicanismo); en Italia, Giovanni Benedetti (que publicó unas pocas frases sobre la cuestión en 1585); y, en Inglaterra, Thomas Digges (que había publicado en apoyo del copernicanismo en 1576^{clii}). De modo que a los catedráticos de Oxford les debió de asombrar oír a este peculiar italiano, mientras se inclinaba y regateaba, sopapeaba y chirriaba, defender el copernicanismo como la verdad literal.

³³⁶ Gingerich, *An Annotated Census* (2002); véase también Gingerich y Westman, «The Wittich Connection» (1988); y Gingerich, *The Book Nobody Read* (2005).

No sabemos lo lejos que Bruno llegó en su exposición del copernicanismo. Lo hicieron parar después de haber dado tres lecciones; fue acusado de recitar simplemente pasajes de Ficino, filósofo platonista del Renacimiento (que había escrito alabando al sol), mientras daba la impresión de que las palabras eran suyas. Esto es totalmente posible: Bruno hace cosas parecidas en sus textos publicados y, como hemos visto, el concepto de plagiarismo era nuevo^{cliii}. Pero sabemos qué es lo que Bruno quería decir, porque, después de ser expulsado de Oxford, se refugió en la casa del embajador francés en Londres, y allí se dispuso a escribir una serie de libros, de los que el más famoso es *La Cena de le Ceneri* (*La cena de las cenizas*), en defensa de su postura³³⁷. En el decurso de dieciocho meses, Bruno publicó seis libros en Londres, todos ellos escritos en italiano^{cliv}. Antes y después de su período en Inglaterra, Bruno publicó únicamente en latín (con la solitaria excepción de un drama, *Il candelaio* («El velero»), publicado en París en 1582), de modo que su elección del italiano, cuando sus libros debieron venderse principalmente a ingleses (aunque algunos se llevarían a la gran feria de libros de Fráncfort), parece extraña. Pero el italiano era el idioma de Dante y de Petrarca. Los ingleses cultos podían leerlo; al usarlo, Bruno indicaba que se dirigía a poetas y cortesanos, no a profesores de matemáticas o de filosofía.

³³⁷ Bruno, *The Ash Wednesday Supper* (1995). El mundo inglés de Bruno se describe maravillosamente en Bossy, *Giordano Bruno and the Embassy Affair* (1991), pero hay que corregir su afirmación central, de que Bruno era un espía, a la luz de Bossy, *Under the Molehill* (2001).

Los ingleses eran hostiles a los extranjeros y a los católicos. Si uno era tan obviamente extranjero, como lo era Bruno, se arriesgaba a que lo molieran a palos en la calle. Bruno apenas se arriesgaba a salir. En los diálogos que escribió se describe mezclándose con la élite de la sociedad inglesa, pero más tarde afirmó que esto era ficción, no realidad³³⁸. Aun así, sus libros debieron venderse, o su editor hubiera dejado de imprimirlos. El mismo Bruno estaba sin blanca, y asombrado de ver que los catedráticos de Oxford llevaban grandes anillos enjorjados en sus dedos (podemos estar seguros de que en los suyos no había ninguno), de modo que no pudo haber proporcionado un subsidio a su editor.

Estos libros suponen una verdadera revolución. Copérnico había descrito un universo esférico con el sol en su centro. Había reconocido que podría ser posible concebir un universo infinito, pero se había negado a seguir esta línea de pensamiento, al decir: «Dejemos por tanto la cuestión de si el universo es finito o infinito a que la discutan los filósofos naturales» (Copérnico era un matemático, no un filósofo³³⁹). Bruno se apresuró a aceptar el copernicanismo para argumentar a favor de un universo infinito y eterno. Las estrellas, dijo, son soles, y el sol es una estrella: aquí no seguía a Copérnico, sino a Aristarco de Samos (310-230 AEC). Así, podía haber otros planetas habitados en el universo; incluso el sol y las estrellas podían estar habitados, porque no podían ser igual de

³³⁸ Rowland, *Giordano Bruno* (2008), 149-159.

³³⁹ Copérnico, *On the Revolutions* (1978), 16.

calientes en todas partes, y podría haber criaturas, muy diferentes de nosotros, que medren en el calor. Además, no había nada que demostrara que los demás planetas fueran diferentes de la Tierra. Bruno aducía que podía presumirse que la luna y los planetas tuvieran continentes y océanos, y que brillaban, no por su propia luz (como generalmente se suponía; se suponía que incluso la luna era translúcida cuando menos), sino solamente por luz reflejada³⁴⁰. Así, vista desde la luna, la Tierra tendría el aspecto de una luna gigante; vista desde más lejos, sería una brillante estrella en el cielo. La Tierra, pensaba Bruno, resplandecería brillante debido a que los mares reflejarían más luz que la tierra. (Aquí, como Galileo demostraría más tarde, se equivocaba; que es la razón por la que cuando los astrónomos, después del descubrimiento del telescopio, empezaron a dibujar mapas de la luna llamaron mares a las manchas oscuras, no a las claras). Así, Bruno imaginaba un universo infinito, con estrellas y planetas incontables, todos ellos posiblemente habitados por formas de vida extraterrestres³⁴¹. Puesto que Bruno no creía que Jesucristo fuera el salvador de la humanidad (era una especie de panteísta), no tenía que preocuparse acerca de cómo el drama cristiano del pecado y la salvación se desarrollaba en esta infinidad de mundos.

Bruno no fue el primero en imaginar un universo infinito con vida extraterrestre. Nicolás de Cusa, en su *De docta ignorantia* [*Sobre la*

³⁴⁰ Grant, *Planets, Stars and Orbs* (1994), 395-403.

³⁴¹ Singer y Bruno, *Giordano Bruno* (1950); Gatti, «Bruno and the Gilbert Circle» (1999).

sabia ignorancia] (1440), había argumentado que solo un universo infinito era apropiado para un Dios infinito. Nicolás pensaba que la tierra era un cuerpo celeste que desde cierta distancia brillaría como una estrella, una idea que captó la atención de Montaigne³⁴². Pero Nicolás suponía que la tierra y el sol eran cuerpos similares. Un mundo habitable, pensaba Nicolás, se hallaba escondido detrás de la superficie reluciente y visible del sol; en cuanto a la tierra, al igual que el sol estaba rodada por un manto ardiente que era invisible para nosotros, y que solo veríamos si contempláramos la tierra desde el espacio exterior. Así, Nicolás convirtió la tierra en un cuerpo celeste, pero simultáneamente convirtió al sol en un cuerpo terrestre^{clv}. Bruno, en cambio, fue el primero en distinguir estrellas y planetas tal como hacemos ahora, haciendo del sol una estrella y de los planetas, incluida la Tierra, cuerpos oscuros que brillaban debido a la luz reflejada.

Bruno intentó resolver los argumentos corrientes contra el copernicanismo al adoptar los principios de la relatividad de localización y del movimiento; en su universo (a diferencia de los de Aristóteles y Ptolomeo) no había arriba ni abajo, ni centro ni periferia, ni izquierda ni derecha, ni manera de decir si nos movíamos o permanecíamos estacionarios excepto por comparación con otros objetos^{clvi}. Oresme y Copérnico habían adoptado el principio de la relatividad de movimiento cuando consideraban dos

³⁴² Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe* (1957), 6-23; Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 505; y Montaigne, *Oeuvres complètes* (1962), 429.

cuerpos, el sol y la tierra (el movimiento del sol que percibimos puede ser causado igualmente porque el sol se mueva o porque la Tierra gire), pero no habían extendido dicho argumento a las circunstancias más complicadas consideradas por Bruno. Así, argumentaba Bruno, podemos estar en el camarote de un buque que navega por un mar en calma y ser totalmente incapaces de decir si nos movemos o nos hallamos estacionarios; y si lanzamos algo al aire directamente sobre nosotros caerá en nuestras manos, no se desviará hacia la popa del buque mientras este se desplaza³⁴³. Y el universo de Copérnico tenía un centro; no podía imaginar (o al menos no podía reconocer la posibilidad de) un universo en la que la localización fuera meramente relativa. Bruno hizo también algunas alteraciones radicales y mal concebidas al sistema copernicano, destinadas en parte a eliminar algunas objeciones básicas que se le hacían (como que Marte y Venus tendrían que cambiar mucho de tamaño si a veces se encuentran muy cerca y a veces muy lejos de la Tierra³⁴⁴).

En 1585, el anfitrión de Bruno, el embajador francés, fue apartado de Inglaterra, y Bruno no tuvo otra elección que marchar con él. Peregrinó por Europa (llevando consigo su ejemplar de Copérnico, que ahora se encuentra en la Biblioteca Casanatense de Roma), y en 1592 fue arrestado en Venecia y entregado a la Inquisición romana.

³⁴³ Redondi, «La nave di Bruno e la pallottola di Galileo» (2001); Granada, «Aristotle, Copernicus, Bruno» (2004).

³⁴⁴ McMullin, «Bruno and Copernicus» (1987), que critica a Yates, *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition* (1991); sobre esto, véase también Westman y McGuire, *Hermeticism and the Scientific Revolution* (1977); Gatti, *Essays on Giordano Bruno* (2011), cap. 2.

Después de ocho años de confinamiento solitario en la oscuridad, y después de torturas prolongadas, fue quemado vivo en una de las principales plazas de Roma, el Campo de' Fiori, el 17 de febrero de 1600. Se había negado a retractarse de sus herejías, incluida su creencia en otros mundos habitados^{clvii}. Sus libros fueron prohibidos en toda la Europa católica.

Bruno es importante para nuestro relato no porque fuera valiente (aunque lo fue), ni brillante (aunque lo fue), sino porque, a veces, estaba en lo cierto. Las revisiones, y las interpretaciones equivocadas, de Copérnico que hizo Bruno fueron interpretadas incorrectamente. La teoría del universo infinito y eterno ha sido sustituida, en el decurso de los últimos cincuenta años, por la teoría del Gran Estallido^{clviii} (tan reciente que recibió su nombre en 1949³⁴⁵). Pero ahora sabemos que el sol es una estrella, que otras estrellas tienen planetas, y hay muchas razones para pensar que hay vida en otras partes del universo. No nos hallamos en el centro del universo; más bien, la Tierra es solo otro planeta. Bruno se encontraría más cómodo en nuestro universo que el cardenal Belarmino, el hombre que tuvo un papel clave en su juicio, de la misma manera que desempeñó un papel clave en la condena del copernicanismo por parte de la iglesia Católica en 1616. En puntos cruciales, Bruno estaba en lo cierto antes que ningún otro: fue el primero en decir en texto impreso que el prefacio de *De*

³⁴⁵ Recibió primero el nombre en un programa de radio, y se publicó al año siguiente.

revolutionibus no era de Copérnico, y fue el primer moderno en insistir que los planetas brillan por la luz reflejada^{clix}.

§ 5.

Vale la pena comparar a Bruno con Thomas Digges. En 1576, unos años antes de la lección de Bruno en Oxford, Digges había publicado una sexta edición del almanaque perpetuo de su padre Leonard, *A Prognostication Everlasting* («Una pronosticación perpetua»). (El libro se había publicado por primera vez en 1555, y tuvo trece ediciones que sepamos, la última en 1619).³⁴⁶ El objetivo primario de la *Prognostication* era permitir a sus lectores predecir el tiempo mediante una combinación de astrología (la localización de los planetas) y meteorología (fenómenos en la atmósfera, como arcos iris y nubes). Pero la *Prognostication* permitía también determinar cuándo dar sangre, purgarse (inducir diarrea) y bañarse (los lectores modernos encontrarán extraño ver que el baño aparece en la lista como si fuera una intervención médica; Digges, padre e hijo, recomendaban que uno no debía bañarse cuando la luna está en Taurus, Virgo o Capricornio: estos son signos terrestres, y por lo tanto reñidos con el agua); cómo saber el tiempo a partir de la salida de una estrella o de la luna; cómo calcular la salida del sol, la puesta del sol, la pleamar y la bajamar, y la duración del día en cualquier fecha. Era una obra eminentemente práctica: proporcionaba una rosa de los vientos de la brújula, por ejemplo,

³⁴⁶ Digges y Digges, *A Prognostication Everlasting* (1576).

que se podía copiar a una escala mayor, y un plano para un dispositivo para localizar los planetas en los cielos, que se podía usar como pauta, o (añadiendo un hilo de plomada y una brújula magnética) se podía convertir el propio libro en un instrumento de papel. Leonard también suministraba alguna información que no tenía ninguna finalidad práctica: mostraba los tamaños relativos del sol, los planetas, la tierra y la luna, explicaba cómo podía ocurrir un eclipse de luna, y daba las dimensiones de los cielos: desde la tierra (que, naturalmente, suponía que se encontraba en el centro del universo) a la esfera de las estrellas fijas había, decía, 358 463 millas... y media^{clx}. A su obra de éxito Thomas añadía ahora una traducción (con algunas revisiones y añadidos propios) de lo que creía que eran las secciones clave del libro 1 de *De revolutionibus* de Copérnico.

Sobreviven pocos ejemplares de la *Prognostication*, en cualquiera de sus ediciones. Era una publicación barata, dirigida a caballeros menores y agricultores, el tipo de cosa que se utiliza para encender el fuego cuando es evidente que resulta anticuado. Si la mayoría de almanaques estaban pensados para durar solo un año, incluso un almanaque perpetuo se volvería pronto mugriento y gastado. En la década de 1640, si es que sobrevivía tanto, la impresión y la disposición de la mayoría de ejemplares habrían parecido irremediablemente pasados de moda: las primeras ocho ediciones se imprimieron totalmente en letra gótica; después, hubo tres ediciones en las que la mayor parte del libro se imprimió en un tipo de letra humanista, pero la traducción de Copérnico seguía siendo

en letra gótica, quizá para destacar su contenido intelectualmente serio; no fue hasta 1605 cuando se dio a todo el texto un aspecto moderno. En el momento que las brújulas marítimas se hicieron más baratas y más ampliamente disponibles, las instrucciones sobre cómo construirse una habrían sido cada vez más irrelevantes. En el siglo XVIII se consideraba de manera general que la astrología era anticuada. Probablemente, las páginas de tablas y de dibujos de instrumentos se solían arrancar para tener una referencia fácil, lo que dejaba ejemplares mutilados. La mayoría de ejemplares debieron tirarse mucho antes de que se le ocurriera a alguien que valía la pena conservar el libro simplemente porque era antiguo y raro. Nadie publicó un estudio adecuado de la edición de 1576 hasta 1934³⁴⁷.

Y entonces, de la noche a la mañana, esta edición se convirtió en un objeto no solo de gran rareza (hay gran cantidad de panfletos raros y efímeros), sino también de gran valor. Todo subastador, todo bibliotecario estaba a la caza del libro. Porque ahora se reconocía que Thomas Digges había no solo incluido en él la primera defensa sustancial del copernicanismo que hacía un inglés, o en inglés³⁴⁸, también había incluido una ilustración del cosmos que mostraba las estrellas dispuestas no en una esfera, sino extendiéndose hasta los límites de la página y más allá: la primera ilustración de un universo aparentemente infinito. Esta ilustración se distribuye en

³⁴⁷ Johnson y Larkey, «Thomas Digges, the Copernican System» (1934).

³⁴⁸ Esto ya era aparente para Dreyer, aunque solo había visto la edición de 1592: Dreyer, *History of the Planetary Systems* (1906), 347.

dos páginas, y parece que se añadió como una idea tardía cuando el libro fue a la imprenta. Los encuadernadores no estuvieron nunca seguros de qué hacer con ella: incorporarla como una página plegada o como un despliegue de dos páginas. A menudo debió dañarse, arrancarse o bien dejarse como una página suelta u omitirse totalmente. De la primera edición, se sabe que solo sobreviven siete ejemplares, y ni uno solo ha salido al mercado desde que se reconoció la importancia del volumen. Incluso los coleccionistas más ricos han tenido que conformarse con ejemplares de las ediciones posteriores.

La edición de 1576 de la *Prognostication* es un pequeño enigma en el que vemos en miniatura todo el problema de los inicios de la historia moderna de la ciencia. Representa un hallazgo intelectual: Digges fue el primer astrónomo competente que propuso explícitamente un universo infinito. (Nicolás de Cusa había razonado que un Dios omnipotente haría seguramente un universo infinito, pero este era un argumento filosófico, no astronómico).³⁴⁹ Además, Digges no era una figura insignificante en la nueva astronomía. En 1573 había publicado un estudio de la nova que había aparecido el año anterior³⁵⁰. Pero al mismo tiempo se dedicaba alegremente a utilizar la nueva astronomía para predecir el tiempo y decidir cuándo los médicos debían sangrar a sus pacientes. Publicó su relato nuevo, copernicano, del cosmos junto al

³⁴⁹ Duhem, *Le Système du monde*, vol. 10 (1959), 247-347; y Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe* (1957), 6-24.

³⁵⁰ Digges, *Alae* (1573); Pumfrey, «Your Astronomers and Ours Differ Exceedingly» (2011).

relato antiguo, ptolemaico, de su padre. Sabía que el sistema copernicano solo podía funcionar si el cosmos era mucho mayor del que los ptolemaicos habían imaginado, pero no corrigió las cifras de su padre para las dimensiones del universo. Su padre había proporcionado una ilustración del cosmos ptolemaico en la que la esfera exterior llevaba la indicación «Aquí los sabios establecen el habitáculo de Dios y los elegidos». La ilustración de Thomas, modelada según la de su padre, mezcla también astronomía y teología: su zona más externa (que ahora es un espacio infinito y no una esfera) lleva también la leyenda «El habitáculos de los elegidos». ¿Cómo pueden lo antiguo y lo nuevo, el pasado y el futuro, la ciencia racional y la superstición, vivir uno junto al otro sin señal alguna de incomodidad? Esta pregunta requiere varias respuestas. La primera respuesta es que el propio Copérnico no era tan revolucionario como se supone generalmente. En toda su obra publicada, Copérnico no hizo mención de la astrología... pero tampoco hay allí nada que sugiera que hubiera discutido la opinión común, que la astronomía existía para hacer posible la astrología³⁵¹. El universo de Copérnico es diferente del de Ptolomeo en que es el sol, y no la Tierra el que se encuentra en (o, más bien, para ser exactos, muy cerca de) su centro. Pero en otros aspectos es exactamente como el de Ptolomeo: está constituido por una serie de esferas, anidadas una dentro de la otra. Es finito en su tamaño^{clxi}. Todo movimiento en su seno (fuera de la cercanía inmediata de la

³⁵¹ Westman, *The Copernican Question* (2011).

Tierra) está determinado por el principio fundamental de que el movimiento celeste es circular y por lo tanto invariante. Ptolomeo, pensaba Copérnico, había traicionado este principio no (como pensaban los aristotélicos estrictos) al añadir epiciclos a los deferentes con el fin de explicar por qué a veces parece que los planetas se mueven hacia atrás en el cielo, sino por introducir el ecuante con el fin de acelerarlos y frenarlos. Copérnico consiguió el mismo efecto con diferentes medios.

Los historiadores de la astronomía se intercambian insultos sobre la cuestión de si en Copérnico hay ecuanes o no; la respuesta es que no hay ecuanes, pero hay mecanismos destinados a replicar los ecuanes³⁵². Los historiadores de la astronomía árabe explican que los mecanismos usados por Copérnico ya habían sido usados por los árabes, y aducen que Copérnico los tomó prestados sin reconocerlo, en lugar de inventarlos desde cero, aunque nadie ha identificado todavía un libro o un manuscrito que describa el mecanismo clave al que es probable que hubiera tenido acceso^{clxii}
353.

³⁵² Swerdlow, «Copernicus and Astrology» (2012), 373. De manera más bien extraña, Swerdlow parece creer que hay ecuanes en Copérnico y que, al mismo tiempo, librarse de los ecuanes era la principal motivación para su adopción del heliocentrismo (Westman, «The Copernican Question Revisited» (2013), 104-115).

³⁵³ Ragep, «Copernicus and His Islamic Predecessors» (2007); Saliba, *Islamic Science and the Making of the European Renaissance* (2007), 193-232.

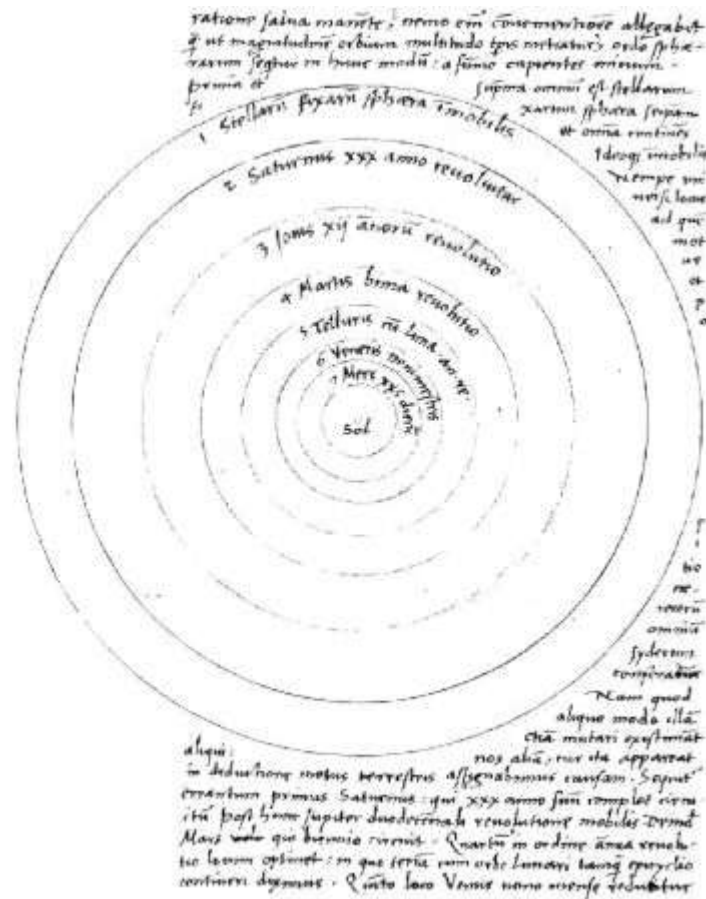


Diagrama del mismo Copérnico que muestra el cosmos heliocéntrico, a partir del manuscrito original de De revolutionibus (1543). La luna no está dibujada pero se menciona en la inscripción. La esfera de estrellas fijas es el anillo exterior. (Jagiellonian University Library, Cracovia; Ms. 10000, f. 9v).

Para las dos primeras generaciones de astrónomos que leyeron a Copérnico el punto crucial sobre su libro no era que defendiera el heliocentrismo, sino que se tomaba el principio del movimiento circular más en serio y lo aplicaba de manera más sistemática de lo que había hecho Ptolomeo. Una consecuencia del modelo matemático de Copérnico era que resultaba más fácil realizar

cálculos utilizando su sistema que con el de Ptolomeo, y muchos astrónomos publicaron tablas copernicanas de localizaciones planetarias aunque pensaban que el copernicanismo no era una descripción plausible de cómo está organizado el cosmos. (De la misma manera que todos usan apropiadamente el mapa del metro de Londres, aunque distorsiona las distancias entre las estaciones; su gran ventaja es que facilita deducir qué ruta seguir y dónde hacer transbordo, mientras que un mapa espacialmente preciso sería mucho más difícil de interpretar).

Pero Digges no era un lector convencional de Copérnico, porque entendía que Copérnico intentaba realmente que se lo tomara al pie de la letra cuando describía que la Tierra se movía y que el sol permanecía estacionario. En su versión del libro 1 de *De revolutionibus* a los argumentos que podrían aducirse contra el movimiento de la Tierra se les da una posición más prominente. Según las cifras perfectamente corrientes que ofrecía Leonard Digges, la circunferencia de la Tierra mide 21 600 millas, lo que significa que, si Copérnico está en lo cierto y la Tierra gira una vez al día sobre su eje. Este movimiento únicamente requiere que nosotros viajemos a 900 millas por hora^{clxiii}, dejando de lado el movimiento adicional necesario para que la Tierra viaje en un vasto círculo alrededor del sol una vez al año. Si volamos a 900 millas por hora, se argumentaba (y recuérdese que los que debatían nunca habían viajado más deprisa que la velocidad correspondiente a la de un caballo al galope, unas 30 millas por hora), entonces tendríamos que poder notar el movimiento; el viento tendría que precipitarse a

través de nuestros cabellos. Las aves, cuando emprenden el vuelo desde los árboles, tendrían que ser barridas hacia el oeste. Si dejáramos caer algo desde lo alto de una torre, tendría que caer considerablemente al oeste de la base de la torre. Digges insiste en que estos argumentos son equivocados (y de esta manera pudo haber influido en la discusión de Bruno sobre la relatividad del movimiento). Si trepamos hasta la parte superior del mástil de un barco en movimiento, aduce Digges, y soltamos una plomada, esta descenderá verticalmente hasta la base del mástil; no se dirigirá hacia atrás hasta que la plomada termine en el agua detrás del barco. Este es un experimento ligeramente distinto (y menos convincente) que el que posteriormente imaginaría (o realizaría) Galileo, en el que se deja caer un objeto desde la cima de un mástil, pero sirve el mismo propósito de establecer que el concepto de la verticalidad es relativo: una plomada o un cuerpo que cae en un barco que se mueve trazará una línea vertical a la cubierta del buque en movimiento, no vertical a un punto fijo de la superficie de la Tierra. Galileo también demostró que si se lanza un objeto directamente hacia arriba desde un barco en movimiento, aquel no cae detrás del lanzador y lejos, sino directamente en sus manos: esta era una refutación directa de un argumento de Giambattista Capuano, que puede ser el origen de todos estos experimentos en barcos en movimiento, algunos reales, y otros sencillamente experimentos mentales. Así, Digges no tradujo simplemente a

Copérnico, sino que reforzó su razonamiento en su punto más vulnerable³⁵⁴.

Después del descubrimiento de su ilustración del cosmos, a Digges se le reconoció haber sido el primero en representar las estrellas dispuestas no en una esfera, sino esparcidas sobre los márgenes exteriores de la página hasta que desaparecían, y ciertamente creía que las estrellas seguían para siempre. Pero el universo de Digges tiene un centro, de modo que no es realmente infinito, porque un universo infinito no podía tener centro. Piensa que cada estrella es mayor que todo el Sistema Solar; tienen que hallarse a una distancia realmente asombrosa o bien habría algún cambio medible en sus posiciones relativas cuando la Tierra se desplaza en su enorme órbita alrededor del sol, de modo que tienen que ser absolutamente gigantescas si permanecen visibles³⁵⁵. De ahí se sigue que Digges no piensa que el sol sea una estrella, o que las estrellas sean soles. Además, su universo está modelado por su teología. El espacio ocupado por las estrellas es el cielo, la habitación de Dios, los ángeles y los elegidos. El sistema solar es la

³⁵⁴ Aunque Oresme ya había desarrollado esta teoría con sumo detalle: Oresme, *The «Questiones de Spera»* (1966), Q. 8, y Oresme, *Le Livre du ciel et du monde* (1968), 518-539: puede que sea una fuente común para Digges y Bruno.

³⁵⁵ Esta argumentación continuó siendo importante hasta mediados del siglo XVII; Riccioli pensaba que era el argumento clave contra el copernicanismo: Graney, «The Work of the Best and Greatest Artist» (2012); y Graney, «Science Rather than God» (2012). Quedó reforzado por el hecho de que las lentes de los telescopios convierten las estrellas de puntos en discos, de modo que si el copernicanismo requería que estuvieran a gran distancia, los telescopios requerían que fueran de un tamaño más enorme todavía. Flamsteed, por ejemplo, pensaba que algunas estrellas eran mucho mayores que el sol (que ahora se suponía que era una estrella) de la misma manera que el sol es mucho mayor que la Tierra: Hunter, «Science and Astrology» (1995), 280.

zona del pecado y el castigo eterno. Este mundo pecador, nos dice Digges, es una estrella oscura: «esta pequeña estrella oscura en la que vivimos»³⁵⁶.

De hecho, la imagen que Digges tiene del universo —su extensión ilimitada, su identificación de las estrellas con el cielo y de la Tierra con el infierno (de ahí, quizá, la famosa frase de Mefistófeles en el *Doctor Faustus* de Marlowe, de 1592: «Pues esto es el infierno, y yo no estoy fuera del mismo»), su descripción de la Tierra como una estrella oscura—, todo procede de un poema popular que leían los escolares de la época, *The Zodiake of Life* (en latín, *Zodiacus vitae*, *El zodíaco de la vida*, 1536) de Marcello Palingenio Stellato³⁵⁷. Digges conocía de memoria el libro decimoprimerero del poema «y le encanta repetirlo con frecuencia»³⁵⁸. Lo que Digges había hecho era poner el sol, en lugar de la tierra, en el centro del universo de Stellato.

³⁵⁶ Johnson y Larkey, «Thomas Digges, the Copernican System» (1934), 102, y (para una referencia en los *Alae* previos) 111; y Digges y Digges, *A Prognostication Everlasting* (1576), M2r, N4r.

³⁵⁷ Palingenio, *The Zodiake of Life* (1565); Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe* (1957), señala la importancia de Digges (35-39), pero es consciente de su estrecha dependencia de Palingenio (24-27, 38-39). La estrella oscura ya está en Oresme: Oresme, *Le Livre du ciel et du monde* (1968), 515.

³⁵⁸ Harvey, *Gabriel Harvey's Marginalia* (1913), 161.



Imagen de Digges del cosmos copernicano, con las estrellas que se extienden hacia fuera hasta el borde de la página, lo que simboliza un universo sin límites (de la Prognostication; esta imagen es del ejemplar de la Linda Hall Library de la edición de 1596, pero la ilustración apareció por primera vez en 1576). (Linda Hall Library Images, Linda Hall Library of Science, Engineering & Technology, EE. UU.).

Stellato había sido condenado póstumamente por la Inquisición por negar la divinidad de Cristo (después de su muerte, entre sus papeles se encontraron obras heréticas que había escrito), y su cuerpo fue desenterrado y quemado, pero la Europa protestante no

sabía nada de su rechazo del cristianismo (aunque hay muchas indicaciones de ello en el *Zodiake*), y su anticlericalismo y su determinismo hicieron posible considerarlo, si no realmente un protestante, por lo menos simpatizante con los puntos de vista protestantes³⁵⁹. El hecho de que el *Zodiake* hubiera sido puesto en el Índice no hacía más que confirmar esta lectura. Para sus editores ingleses, y presumiblemente para Digges, Stellato era «el poeta más cristiano» (1561), «el poeta divino y ferviente» (1565), «el poeta excelente y cristiano» (1576), aunque Bruno, astutamente, lo leía como un espíritu gemelo. A Digges nunca se le ocurrió que la Tierra pudiera brillar como una estrella, o que los planetas son otras Tierras. El sol y la Tierra son únicos, y el universo tiene un centro. Stellato y Digges no fueron los únicos que pensaron en la Tierra como una estrella oscura³⁶⁰. En 1585 Giovanni Battista Benedetti publicó una colección de ensayos en los que trataba, entre otras muchas cosas, de cuestiones de cosmología contemporánea. Como Digges, Benedetti era un copernicano realista. Pero era más radical que Digges. Al advertir que la trayectoria de la luna es efectivamente un epiciclo alrededor de la trayectoria de la Tierra, y que los planetas parecen desplazarse siguiendo epiciclos, Benedetti propuso una hipótesis notable: lo que pensamos que son planetas, sugirió, son simplemente las lunas resplandecientes que giran alrededor de

³⁵⁹ Bacchelli, «Palingenio» (1999); véase también, Palingenio, *The Zodiake of Life* (1947); y Granada, «Bruno, Digges, Palingenio» (1992).

³⁶⁰ Ariew, «The Phases of Venus before 1610» (1987), supone que los cuerpos celestes han de a) brillar con luz propia, b) ser traslúcidos o c) reflejar la luz. La cuarta opción, que puedan ser «oscuros», no aparece en su discusión.

planetas oscuros. Estos planetas escondidos (están «ocultos», para adoptar la terminología de *Star Trek*) son parecidos a la Tierra y presumiblemente portan vida. La proposición de Benedetti se basaba en la suposición de que la luna y la Tierra están hechas de tipos de sustancia muy diferentes, siendo la luna mucho más reflectante que la Tierra, aunque menos reflectante en las manchas oscuras, en las que gran parte de la luz del sol se absorbe en lugar de reflejarse. Benedetti sostenía que el universo es esférico, pero que está rodeado por espacio vacío ilimitado³⁶¹.

Ni Digges ni Benedetti habían leído a Bruno, de modo que no se habían topado con su teoría de que, desde una cierta distancia, la Tierra sería indistinguible de una estrella. Sin embargo, un gran protocientífico, William Gilbert (1544-1603), el fundador de los estudios modernos de magnetismo y electricidad, había leído a Bruno, y había adoptado todos sus argumentos. Gilbert copió de Digges su ilustración de un universo sin límites. Pero Gilbert comprendía que, vista desde la luna, la Tierra brillaría como una luna enorme; y que, vista desde más lejos, brillaría como una estrella (aquí, argumentó directamente contra Benedetti). La luna, pensaba, tenía continentes y océanos, al igual que la Tierra. Como Bruno, pensaba que los océanos serían más brillantes que la tierra.

³⁶¹ Benedetti, *Diversarum speculationum* (1585), 195. Dreyer, *History of the Planetary Systems* (1906), 350, no comprende totalmente este fragmento. No lo he visto discutido en otros lugares (no se discute, por ejemplo, en Di Bono, «L'astronomia Copernicana nell'opera di Giovan Battista Benedetti», 1987, donde se afirma erróneamente que Benedetti piensa que la luna y la Tierra son cuerpos similares; el fragmento citado en 293-294 no está en desacuerdo con la interpretación que se presenta aquí: «sí la tierra brillara como el sol...», pero no lo hace).

No veía razones por las que otros planetas no hubieran de ser como la Tierra³⁶².

Gilbert dibujó, antes de la invención del telescopio, el primer mapa de la luna, y como resultado descubrió su libración, el hecho de que parece girar levemente, hacia arriba y hacia abajo, y de un lado a otro, cuando se halla encarada a la Tierra. Esto confirmó su convicción de que los planetas flotan libremente en el espacio. Además, Gilbert fue el primero en poner fin completamente a la idea de que el movimiento en los cielos tiene que ser circular: sus planetas trazan complicadas trayectorias a través del vacío; una tal trayectoria podría explicar por qué la luna parece bambolearse en el cielo. *On the Universe* («Sobre el universo»), de Gilbert, nunca se terminó (él murió en 1603, pero la sección sobre cosmología parece datar de los primeros años de la década de 1590), y no se publicó hasta 1651. Bacon lo leyó en manuscrito, pero no tuvo tiempo de dedicarse a este: la preocupación de Gilbert por el magnetismo le parecía una obsesión irracional, y como resultado había «construido un barco a partir de una concha»³⁶³.

§ 6.

Digges, Bruno, Benedetti y Gilbert eran miembros del minúsculo grupo de copernicanos realistas. Eran pioneros audaces de la nueva filosofía. Pero sería erróneo pensar que compartían ninguna visión

³⁶² Gatti, «Bruno and the Gilbert Circle» (1999). Gilbert, *De mundo nostro sublunari philosophia nova* (1651), 173.

³⁶³ Pumfrey, «The Selenographia of William Gilbert» (2011); y Bacon, *Works* (1857), vol. 2, 80.

común de lo que es la ciencia natural, o de cómo debería ser gestionada. Digges era un matemático correcto. Enseñaba topografía, navegación, cartografía e ingeniería militar. Experimentó con espejos y lentes; algunos piensan que tenía un telescopio secreto. Intentó medir la distancia de la Tierra a la supernova de 1572 y estableció que estaba en los cielos, con lo que refutó la afirmación central de la filosofía aristotélica, de que nunca había ningún cambio en los cielos. (Digges pensaba que era un acontecimiento milagroso y proporcionó consejo al gobierno inglés acerca de lo que podía presagiar)³⁶⁴.

Benedetti era una figura comparable a Digges: era un asesor en cuestiones matemáticas e ingenieriles del duque Emanuel Filiberto de Turín, y publicó sobre perspectiva, la construcción de relojes de sol (que implica asimismo cuestiones de perspectiva, puesto que se ha de proyectar el paso del sol sobre una superficie plana), reforma del calendario, la física de cuerpos que caen y la cuestión de la tierra y el agua. Pero sus argumentos cosmológicos son puramente especulativos y filosóficos.

Gilbert era un médico (fue por un breve período el médico personal primero de Isabel I y después de Jacobo I), que decidió dedicarse a un programa de investigación experimental sobre el funcionamiento de los imanes, y es evidente que tenía estrechas relaciones con los expertos que fabricaban brújulas y enseñaban navegación. Su

³⁶⁴ Pumfrey, «Your Astronomers and Ours Differ Exceedingly» (2011).

estudio de la libración de la luna demuestra que buscaba nuevas observaciones con las que resolver cuestiones cosmológicas.

Hay una manera anticuada de escribir la historia de la ciencia moderna temprana, en la que Copérnico, Digges, Benedetti y Gilbert se presentan como científicos, aunque ninguno de ellos utilizó este término para sí mismo. Lo que se supone es que estaban dedicados a una actividad que es continua con la ciencia moderna; realmente, todos eran copernicanos, y a menudo se considera (equivocadamente) que la publicación de *De revolutionibus* señala el inicio de la ciencia moderna. Sin embargo, Bruno no está entre ellos, a pesar de su copernicanismo. Bruno leyó a Copérnico, enseñó y escribió sobre este; a menudo estaba en lo cierto allí donde Copérnico se equivocó. Pero no tenía interés alguno en la medición o el experimento; pensaba que Copérnico estaba excesivamente preocupado con problemas matemáticos. Copérnico, Digges y Benedetti se llamaban a sí mismos matemáticos; Bruno y Gilbert se llamaban a sí mismos filósofos. Copernico y Digges escribieron libros sobre astronomía; Benedetti sobre *physica* (ciencia natural); Gilbert sobre *physiologia* (el estudio de la naturaleza). Ninguno de ellos era un científico, porque la ciencia, tal como entendemos el término, todavía no existía. Newton, sin embargo, era un científico: ¿quién puede dudarlo? En algún momento entre la década de 1600 y la de 1680, se inventó la ciencia.

Parte II

Ver es creer

Hay quienes se engañan y aceptan cosas que han oído, y no creen lo que han visto.

Thomas Bartholin,

The Anatomical History (1653)³⁶⁵

La segunda parte se inicia en los primeros años del siglo XV, y después sigue con cuestiones relacionadas con la visión hasta el siglo XVIII. Nuestro punto de partida en el capítulo 5 es la invención de la pintura en perspectiva, que implicó la aplicación de principios geométricos a la representación pictórica. Estos mismos principios llevaron a los astrónomos a tomar un nuevo interés en medir distancias con el fin de establecer exactamente dónde se hallaban determinados objetos (nuevas estrellas) en los cielos. Tales actividades establecieron una nueva confianza en el poder de las matemáticas para abordar la naturaleza, y este capítulo sigue este proceso hasta Galileo. El segundo capítulo, el 6, considera el impacto de los telescopios y los microscopios en el sentido de escala de la gente: de repente, los seres humanos aparecían insignificantes en los vastos espacios que abría el telescopio, mientras que el microscopio ponía al descubierto un mundo en el que parecía que la complejidad llegaba hasta los organismos más pequeños

³⁶⁵ Bartholin, *The Anatomical History* (1653), 127.

imaginables, de modo que parecía algo común que las pulgas pudieran tener pulgas, y así *ad infinitum*.

Capítulo 5

La matematización del mundo

La filosofía está escrita en este enorme libro que siempre se halla abierto ante nuestros ojos (quiero decir el universo), pero no podemos entenderlo a menos que aprendamos primero a comprender el lenguaje y reconozcamos los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lenguaje matemático y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas; sin estos medios es humanamente imposible entender una sola palabra; sin ellos solo podemos hacer garabatos sin sentido en un laberinto oscuro.

Galileo, Il saggiatore (1623)³⁶⁶

§ 1.

La contabilidad de doble entrada se remonta al menos al siglo XIII. El principio de doble entrada es simple: cada transacción es introducida dos veces, como un crédito y como un débito. Así, si compro un lingote de oro que vale 500 libras, adeudo 500 libras en mi cuenta corriente y abono 500 libras en mi lista de bienes. Si pido prestadas 500 libras, entonces 500 libras es un abono en mi cuenta

³⁶⁶ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 6, 232; traducción de Sharratt, *Galileo: Decisive Innovator* (1994), 140.

corriente, y un cargo en mi lista de deudas. En el Renacimiento, el sistema estándar implicaba tres libros. Primero, un «libro diario», en el que se registraba todo tal como ocurría exactamente, con tanto detalle como fuera posible: en el caso de una disputa o confusión futura, este era el libro al que se podía hacer referencia. Después un libro registro en el que se transformaba lo que se había registrado en una lista de transacciones. Y después el libro de cuentas propiamente dicho, con el debe y el haber en páginas enfrentadas. Si se confrontaba el libro de cuentas con el registro, y los asientos del debe frente a los asientos del haber, se podía confiar en que los libros eran precisos; y cada vez que se hacía el balance de los libros se podía establecer si se ganaba dinero o si se perdía dinero. Así, la contabilidad se convirtió en la base de las opciones racionales de inversión e hizo posible decidir cómo dividir los beneficios de una sociedad³⁶⁷.

Enseñar contabilidad era una de las principales maneras por las que los matemáticos italianos se ganaban la vida: esto es lo que se aprendía en la *scuola d'abbaco*, la escuela para los que se iban a dedicar a los negocios, donde se enseñaba aritmética y contabilidad. La doble entrada, como cualquier técnica matemática, depende de la abstracción. La contabilidad lo convierte todo en un valor efectivo imaginario, aunque uno no sepa realmente si alguna vez lo venderá o qué es lo que obtendrá por ello si lo vende. Cuando dos socios se

³⁶⁷ Gleeson-White, *Double Entry* (2011).

dividen entre ellos los beneficios asignan un valor imaginario en el libro a las existencias disponibles.

Podría parecer que no hay conexión entre la contabilidad y la ciencia. Pero Galileo, que probablemente había enseñado contabilidad cuando se ganaba la vida durante los años entre 1585, cuando dejó de ser un estudiante universitario, y 1589, cuando obtuvo su primer nombramiento universitario, pensaba que sí la hay. Cuando la gente se quejaba a Galileo de que su ley de la caída no correspondía al mundo real, porque los objetos que caen no se aceleran continuamente, porque son retardados por la resistencia del aire, Galileo replicaba que no había contradicción entre el mundo de la teoría y el mundo real, porque

lo que ocurre en lo concreto, ocurre de la misma manera en lo abstracto. Sería realmente novedoso que los cálculos y proporciones que se hacen con números abstractos no correspondieran después a monedas concretas de oro y plata y a mercancías. De la misma manera que el tenedor de libros que quiere que sus cálculos traten de azúcar, seda y lana ha de descontar las cajas, balas y otros embalajes, así el científico matemático, cuando quiere reconocer en lo concreto los efectos que ha demostrado en abstracto, ha de deducir los impedimentos materiales, y si puede hacerlo, os aseguro que las cosas no están en menor concordancia que los cálculos aritméticos. Así pues, los errores no residen en el carácter abstracto o el carácter concreto, ni en la geometría ni en la física, sino en

*un calculador que no sabe cómo hacer una verdadera contabilidad*³⁶⁸.

Así, la contabilidad de doble entrada representa un intento de hacer que el mundo real, el mundo de los rollos de seda, de las balas de lana y de los sacos de azúcar, sea matemáticamente legible. El proceso de abstracción que enseña es una precondition esencial para la nueva ciencia.

§ 2.

Otra fuente de ingresos para los matemáticos en la época de Galileo era enseñar los principios geométricos de la representación en perspectiva³⁶⁹. El mismo profesor de matemáticas de Galileo, Ostilio Ricci, enseñaba perspectiva a pintores. La pintura en perspectiva era una invención más reciente que la contabilidad de doble entrada. Empezó en algún momento entre 1401 y 1413, cuando Filippo Brunelleschi produjo una obra de arte de lo más peculiar³⁷⁰. El objeto concreto ya no sobrevive; la última vez que oímos acerca del mismo fue en 1494, cuando aparece en una lista de los efectos de Lorenzo el Magnífico, el gobernante Médici de Florencia, a su

³⁶⁸ Galilei, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems* (1967), 207-208.

³⁶⁹ Para una revisión historiográfica, véase Baldasso, «The Role of Visual Representation» (2006).

³⁷⁰ Sobre las fechas, véase Kemp, *The Science of Art* (1990), 9; Camerota, *La prospettiva del Rinascimento* (2006), 60; Tanturli, «Rapporti del Brunelleschi con gli ambienti letterari fiorentini» (1980), 125.

muerte³⁷¹. La única descripción medianamente decente que poseemos de él la escribió en la década de 1480 Antonio Manetti, que tenía veintitrés años de edad cuando Brunelleschi murió³⁷². El texto de Manetti es enigmático y deficiente, pero es todo lo que tenemos. Ha habido innumerables intentos de reconstruir exactamente lo que hizo Brunelleschi, y por qué, para sus contemporáneos, era evidente que este pequeño objeto representaba el nacimiento de la pintura en perspectiva³⁷³. Todos los intentos de reconstrucción tropiezan con dificultades y no tenemos ni una sola palabra de Brunelleschi que nos ayude. Pero hemos de hacer lo mejor que podamos.

El objeto era una pintura sobre un panel de madera de unos treinta centímetros de lado. Mostraba el baptisterio de Florencia, un edificio octogonal, y algunos de los edificios a cada lado. La parte superior del cuadro, donde debería haber estado el cielo, estaba cubierto por plata bruñida. (Brunelleschi se había preparado como orfebre, de modo que producir una superficie plateada plana habría sido fácil para él). En esta pintura, en el centro y cerca de la parte inferior, Brunelleschi hizo un agujero, y se invitaba al observador a mirar a través de la parte posterior de la pintura. Si se hallaba exactamente

³⁷¹ White, *The Birth and Rebirth of Pictorial Space* (1987), 119; (y, para una nota de advertencia) Raynaud, *L'Hypothèse d'Oxford* (1998).

³⁷² Manetti, *Vita di Filippo Brunelleschi* (1992). (La descripción se reproduce en gran parte en White, *The Birth and Rebirth of Pictorial Space* (1987), 113-117).

³⁷³ Textos clave son Edgerton, *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective* (1975); Arnheim, «Brunelleschi's Peepshow» (1978); Kemp, «Science, Non-Science and Nonsense» (1978); y Kubovy, *The Psychology of Perspective and Renaissance Art* (1986).

en el lugar adecuado, el lugar en el que Brunelleschi pretendía que estuviera cuando pintó el cuadro, y sostenía frente al observador un espejo mientras aquel miraba a través de la pintura por detrás, tendría que ver la imagen de la pintura superpuesta al baptisterio real, y moviendo el espejo arriba y abajo el espectador podía convencerse de que la pintura tenía el mismo aspecto que la imagen real. Puesto que se miraba a la vez a la pintura y al mundo real mediante un ojo, la pintura tenía que verse mucho más tridimensional, y el mundo real mucho más bidimensional, de modo que ambos se parecían mucho más entre sí³⁷⁴. En la plata bruñida del cuadro se reflejaba el cielo, de modo que podían verse las nubes (si había alguna); invertidas en la plata, las nubes se habrían invertido de nuevo en el espejo, de modo que también ellas habrían correspondido a la realidad. Parece adecuado decir que la imagen de Brunelleschi aspira a ejemplificar lo que los filósofos llaman una teoría de correspondencia de la verdad, en la que una declaración o representación es verdadera si corresponde a la realidad externa³⁷⁵.

³⁷⁴ Véase Leonardo: «Es imposible que una pintura parezca tan acabada como una imagen especular... excepto si ambas las miras solo con un ojo». Citado de Gombrich, *Art and Illusion* (1960), 83.

³⁷⁵ «Realismo» y «naturalismo» adoptan varias formas diferentes en arte (véase, por ejemplo, Smith, «Art, Science and Visual Culture in Early Modern Europe» (2006); Smith, *The Body of the Artisan* (2006); y Ackerman, «Early Renaissance "Naturalism" and Scientific Illustration», 1991). Lo que me parece particularmente importante es lo que Ivins denominó «una relación métrica rigurosa en ambos sentidos, o recíproca, entre las formas de los objetos situados de manera definida en el espacio y sus representaciones pictóricas» (Ivins, *On the Rationalization of Sight*, 1975), 9). Ya se puede encontrar en Tomás de Aquino una teoría de correspondencia de la verdad (*De veritate*, q.1, a.1-3; véase *Summa theologiae*, q.16); aunque algunos afirmarían que hay antecedentes clásicos, no los encuentro convincentes. Volveremos a la cuestión de la realidad «externa».

Es evidente que esta extraña estructura de *peep-show*^{clxiv} aseguraba que el observador mirara a la vez la pintura y el baptisterio con un ojo: la perspectiva geométrica depende de un único punto de vista. Pero ¿por qué utilizar un espejo³⁷⁶? ¿Por qué no mirar directamente la pintura a través de un pequeño agujero en una tabla? Evidentemente, una vez Brunelleschi había plateado la parte superior de su pintura necesitaba colocarla donde pudiera reflejar el cielo, y entonces el espejo fue necesario si tenía que reflejar el cielo sobre el baptisterio tal como era en aquel momento particular y al mismo tiempo superponerse al baptisterio real. Lo que no está claro es si este era el motivo original o si esta era una característica de su *peep-show* de la que después decidiera sacar partido.

Quiero insistir en lo extraño de este procedimiento. Si lo que el observador hiciera bajar no fuera el espejo sino la pintura, lo que vería sería a sí mismo. Incluso mirando a la pintura en el espejo, lo que vería si lo mirara directamente sería la pupila de su propio ojo, y descubriría que en la pintura había un punto que correspondía al ojo del pintor, o lo reflejaba. Más tarde este sería llamado punto céntrico, y es el lugar en el que se sitúa el punto de fuga en una construcción con punto de fuga. Al observador, cuando desempeñaba su papel en la realización del *peep-show*, se le recordaba continuamente su propio papel: en un momento hacía que la realidad apareciera y desapareciera; en otro, hacía que él

³⁷⁶ Yiu, «The Mirror and Painting» (2005), es de ayuda aquí. Schechner, «Between Knowing and Doing» (2005), que trabaja a partir de espejos supervivientes, parecería indebidamente pesimista en relación a la calidad de los espejos a la vista del material que Yiu discute.

mismo fuera el objeto de su propia inspección. La ingeniosa construcción de Brunelleschi cumple una doble función: demuestra que el arte puede imitar a la naturaleza con buen resultado, de modo que los dos son casi indistinguibles; y demuestra que incluso cuando el arte es de lo más objetivo (o, más bien, especialmente cuando el arte es de lo más objetivo), lo hacemos y nos encontramos en él. Es un ejercicio, simultáneamente, de una nueva objetividad y una nueva subjetividad.

Después de haber producido esta imagen, Brunelleschi produjo una segunda, lo que también sabemos gracias a Manetti, del Ayuntamiento de Florencia y de la plaza que lo rodeaba. Esta vez cortó la tabla a la altura de la línea del cielo, de modo que un observador vería el cielo real (una solución más pulcra, en muchos aspectos, que la plata bruñida). Esta vez no había espejo. Este objeto, asimismo, era específico de un lugar: el observador se situaba donde se situó Brunelleschi cuando lo pintó; cuando se la levantaba, la pintura ocultaba perfectamente y reproducía con exactitud los edificios reales; cuando se la hacía descender, se veían los edificios reales. Se podía hacer una cosa y la otra, y se confirmaba así la correspondencia exacta entre la realidad y la imagen, haciendo y deshaciendo el propio mundo del observador.

Es evidente que ambas pinturas evitaban el método obvio de demostrar profundidad en una imagen bidimensional, que es mostrar ortogonales, líneas paralelas que se extienden en ángulos rectos al plano de la imagen y que convergen en un punto de fuga. El ejemplo más directo es un suelo embaldosado^{clxv}. En cambio,

ambas pinturas tuvieron que haber usado una perspectiva de dos puntos, en las que las líneas que no son paralelas al plano de la pintura ni se hallan en ángulos rectos con respecto al mismo convergen en puntos de distancia a la izquierda y a la derecha del propio plano de la pintura. Si Brunelleschi quería experimentar con la profundidad de campo, ¿por qué no usar una perspectiva de punto de fuga, que habría sido directa, y en realidad le habría sido familiar? La *Anunciación* de Ambrogio Lorenzetti, de 1344, por ejemplo, emplea un suelo embaldosado y paralelas convergentes para crear un sentido de profundidad de campo^{clxvi}. Lorenzetti no dominaba todas las complejidades de la construcción de perspectiva (véase que la parte posterior de la silla de María es más alta que la anterior, y que el pie izquierdo del ángel no está más retrasado que su rodilla derecha. Pero sabía cómo hacer que un suelo embaldosado retroceda en la distancia. Si Brunelleschi solo intentaba crear una impresión de profundidad, podía haber mostrado sencillamente un interior con un suelo embaldosado.

Así pues, ¿qué pretendía Brunelleschi? Una opinión común (que puede buscar el respaldo en *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori, e architettori* de Vasari (1550), aunque Vasari escribía mucho después del acontecimiento) es que Brunelleschi ilustraba los principios geométricos del dibujo en perspectiva, codificados por Alberti más de veinte años después, en 1435, en *De pictura (De la pintura y otros escritos de arte)*, una obra que fundó una larga

tradición de escribir textos sobre perspectiva geométrica³⁷⁷. Podemos suponer razonablemente que Brunelleschi tenía un conocimiento bastante refinado de la geometría. Sabemos que su educación era limitada; su padre se había asegurado que aprendiera algo de latín, probablemente con la intención de que siguiera sus propios pasos como notario, pero Brunelleschi había decidido empezar como aprendiz de orfebrería. Después, pasó de la joyería a la arquitectura (es famoso sobre todo por haber diseñado la cúpula de la catedral de Florencia en 1418, una obra basada en modelos clásicos y muy distinta a cualquier construcción medieval). Sin embargo, si Brunelleschi había dominado la geometría de la perspectiva ya en 1413 resulta un poco difícil explicar por qué no hay pinturas que hayan sobrevivido que incorporaran estos principios antes de 1425. De hecho, se solía pensar que Brunelleschi había producido sus imágenes de demostración hacia 1425 simplemente porque los estudiosos deseaban considerar que estas imágenes provocaron inmediatamente nuevo arte y nuevas teorías. Sin embargo, evidencia documental reciente implica de manera clara (como de hecho hace el texto de Manetti) que las imágenes de Brunelleschi se produjeron antes. Esto nos obliga a reconsiderar de manera igualmente exacta qué es lo que había conseguido³⁷⁸.

³⁷⁷ Vasari, *Lives of the Artists* (1965); Alberti, *On Painting and On Sculpture* (1972) (latín e inglés); y Alberti, *On Painting* (1991) (solo inglés).

³⁷⁸ Tanturli, «Rapporti del Brunelleschi con gli ambienti literari fiorentini» (1980).

Se ha argumentado que tanto Brunelleschi como Alberti aplicaban a la pintura las teorías de la óptica medieval, que en último término procedían de un autor árabe del siglo XI, Ibn al-Haytham, conocido en Occidente como Alhacén, cuyas obras estaban disponibles en traducciones latinas e italianas. Dichas obras sobre óptica eran acerca de la «perspectiva», un término que significaba «la ciencia de la vista». Alhacén había demostrado de qué manera la luz se mueve en líneas rectas, de modo que la visión depende de un cono de líneas rectas que se extiende hacia fuera desde el ojo hasta el objeto. Así, la profundidad de campo no se experimenta directamente; es un resultado de visión binocular y de nuestra capacidad de interpretar la manera en que las cosas que están más cerca de nosotros parecen más grandes y las cosas alejadas de nosotros parecen más pequeñas, de modo que, para juzgar la distancia, necesitamos un punto de referencia: un objeto cuya distancia o tamaño nos sean conocidos. Es fácil comprender por qué Alhacén se había ocupado únicamente de cómo vemos, no de cómo podemos representar el mundo en una pintura: el arte representacional estaba prohibido en el islam de su época. Pero es más difícil entender por qué sus sucesores medievales no habían desarrollado sus teorías con el fin de demostrar cómo podían aplicarse a la actividad de los artistas³⁷⁹.

Una afirmación es que aun en el caso de que los expertos universitarios no discutieran explícitamente la pintura, los pintores

³⁷⁹ Belting, *Florence and Baghdad* (2011).

aprendían sus teorías. Giotto (1266-1337) hizo su obra más importante en iglesias franciscanas, y resulta que las bibliotecas de los conventos de frailes anexos a tales iglesias contenían los textos cruciales sobre perspectiva. Los frailes que encargaron su obra tenían, como seguidores de san Francisco, un amor por el mundo natural, y por tanto un deseo de un nuevo realismo en el arte. Habrían deseado que produjera una sensación de profundidad porque sabían, a partir del estudio de la teoría de la visión, que damos sentido al mundo transformando una sensación bidimensional (rayos de luz que inciden en el ojo) en una experiencia tridimensional. El arte de Giotto, que incluía el uso de *trompe l'oeil* para crear la ilusión de columnas inexistentes, era, según se sugiere, el resultado de un diálogo con sus patrones³⁸⁰. Esto es muy probable, pero hay una advertencia importante: la teoría medieval de la visión proporcionó los elementos de una teoría de lo que ahora denominamos «perspectiva» (lo que en el Renacimiento se denominaba «perspectiva artificial»), pero no proporcionó una explicación sistemática de cómo crear la ilusión de tridimensionalidad. Si lo hubiera hecho, Giotto hubiera completado la revolución de la perspectiva, las imágenes de Brunelleschi hubieran sido innecesarias, y Alberti no hubiera tenido nada nuevo que decir. A un contemporáneo le podía haber parecido que «no hay nada que Giotto no pueda haber pintado de tal manera que engañe

³⁸⁰ Raynaud, *L'Hypothèse d'Oxford* (1998).

el sentido de la vista»³⁸¹, pero podemos dudar de si Giotto aspiraba a crear imágenes que correspondieran en todo respecto a la realidad visual. ¿Acaso el ángel que vuela a través de la pared de *La anunciación a Santa Ana* pretende ser una representación precisa de lo que vio María^{clxvii}? Seguramente la pregunta está mal planteada. La realidad que Giotto quiere transmitir no es solo visual, mientras que en las piezas de prueba de Brunelleschi el único punto es la precisión geométrica.

Sabemos que Brunelleschi, en su búsqueda de nuevas formas arquitectónicas, había realizado un estudio de los edificios clásicos que subsistían en la antigua Roma, estudio que implicaba tomar medidas y dibujar planos y elevaciones. Así habría conocido el principio básico de que los objetos parecen más pequeños a medida que retroceden en la distancia, un principio analizado por Euclides y familiar en la Edad Media³⁸². Este principio hace posible deducir cuán grande es un objeto si se sabe lo lejos que está y se mide el ángulo, visto desde donde se halla el observador, entre su parte superior y su parte inferior. Brunelleschi habría tenido muchísima práctica a la hora de aplicar este conocimiento cuando se dispuso a medir la altura de los edificios clásicos que perduraban en Roma en 1402-1404³⁸³. Pero no había nada nuevo en este principio, y el conocimiento resultante habría sido muy útil evidentemente para

³⁸¹ Boccaccio, citado de Gombrich, *Art and Illusion* (1960), 53.

³⁸² Hahn, «Medieval Mensuration» (1982).

³⁸³ Véase el apéndice en Kemp, *The Science of Art* (1990), 344-345; y Camerota, *La prospettiva del Rinascimento* (2006), 63-67.

dibujar elevaciones convencionales, más que imágenes en perspectiva, de modo que es difícil ver por qué habría de producir de golpe un nuevo tipo de representación artística.

De manera que parece que tenemos varios elementos que podrían contribuir a una respuesta a la pregunta de qué hizo posible la invención de la pintura en perspectiva (la aplicación de la geometría, de la óptica medieval, el levantamiento de planos de edificios antiguos), pero no parecen ser suficientes³⁸⁴. El elemento crucial que falta, según creo, lo proporciona el artista florentino conocido como Filarete («amante de la excelencia»), que escribió una obra sobre arquitectura que completó hacia 1461; esta es en realidad nuestra fuente más temprana³⁸⁵. Filarete tenía veintitrés años más que Manetti, con lo que quizá tenía un mejor conocimiento del mundo de Brunelleschi. Filarete estaba convencido de que Brunelleschi había dado con este nuevo método de representación en perspectiva (que no describe en ningún detalle) como resultado del estudio de espejos. El espejo es de hecho la fuente obvia de una teoría de correspondencia del arte (y de la verdad). No solo proporciona la apariencia de tres dimensiones en una superficie bidimensional, sino que facilita dar respuesta a la pregunta «¿Cuán grande parece el baptisterio desde aquí?» Intentar dar respuesta a

³⁸⁴ Elementos adicionales son la representación de las tres dimensiones en dos en los astrolabios (Aiken, «The Perspective Construction of Masaccio's *Trinity* Fresco», 1995), relojes de sol (Lynes, «Brunelleschi's Perspectives Reconsidered», 1980) y el tercer método de Ptolomeo para cartografiar la Tierra sobre una superficie plana (Edgerton, *The Heritage of Giotto's Geometry*, 1991, 152-153).

³⁸⁵ Filarete, *Trattato di architettura* (1972) (también en la Red en

esta pregunta midiendo ángulos y distancias sería mucho más complicado que sostener simplemente un espejo. El espejo funciona como un dispositivo escalar; es capaz de hacerlo porque refleja el cono de rayos que proceden de un objeto cuando pasan a través de un plano. Esto nos alerta ante una característica de los *peep-show* de Brunelleschi que no he mencionado previamente: según Manetti, se situaba dentro del pórtico de la catedral. Por lo tanto, su vista habría estado enmarcada por el pórtico; de hecho, su pintura pudo haber reproducido simplemente el panorama dentro del marco, como si mirara a través de una ventana.

Algunos han llegado a la conclusión, a partir de los comentarios de Filarete, que la tabla de Brunelleschi estaba bruñida en su totalidad: que pintó sobre un espejo. Pero es seguro que Manetti, que tuvo la tabla en su mano, lo habría advertido. Es mucho más probable que tuviera su tabla y un espejo, uno al lado del otro, sobre un caballete. Esto explica el tamaño peculiarmente pequeño de la primera imagen de Brunelleschi; los espejos de buena calidad eran muy raros y muy caros a principios del siglo XV (la revolución asociada a los espejos venecianos tuvo lugar un siglo más tarde), y los espejos de vidrio eran siempre pequeños³⁸⁶. Desde luego, trabajar a partir de un espejo producía una imagen invertida^{clxviii}, de ahí el interés de Brunelleschi de mirar su pintura reflejada en un espejo (y, afortunadamente, tenía uno a mano). Es cierto que el baptisterio es un edificio simétrico, lo que significa que una imagen

³⁸⁶ Melchior-Bonnet, *The Mirror* (2002), 18-19.

invertida se habría parecido mucho a una vista normal; pero Manetti nos dice que podía verse la plaza a cada lado del baptisterio, e incluso un edificio simétrico tendría marcas en él (sombras y musgo, por ejemplo) que no son simétricas. Trabajar con un espejo habría también supuesto para Brunelleschi una porfía inacabable: habría querido ver el baptisterio reflejado sin distorsión sobre el espejo, pero si se situaba directamente frente al espejo lo que hubiera visto sería a él mismo (que es la razón por la que es fácil emplear espejos para los autorretratos). El rasgo peculiar de su construcción de *peep-shows*, que el observador se mira a sí mismo a la vez que mira el cuadro, recapitula simplemente esta tensión inicial.

Habría sido en el punto en el que miró su cuadro reflejado en un espejo para verlo en la posición adecuada cuando Brunelleschi se dio cuenta de que podía disponer plata bruñida en la tabla para que reflejara el cielo. Y también es en este punto cuando habría hecho un descubrimiento desafortunado: mirar su imagen en un espejo habría tenido el efecto de reducir su altura a la mitad. Una pintura que se hiciera para que correspondiera exactamente en tamaño al baptisterio cuando se mirara desde el pórtico de la catedral habría terminado con un tamaño de un cuarto del original debido a que el efecto del espejo habría sido duplicar la distancia aparente entre el observador y el baptisterio³⁸⁷. Por supuesto, Brunelleschi pudo

³⁸⁷ Gombrich, *Art and Illusion* (1960), 5. Se suele malinterpretar a Gombrich: para un análisis detallado, véase Bertamini y Parks, «On What People Know about Images on Mirrors» (2005).

haber previsto este problema y haber aumentado su imagen para que lo compensara... pero sabemos que no lo hizo, porque sabemos que quería que el observador se situara donde se había hecho el cuadro, en el pórtico, y es fácil demostrar que, de pie en aquella posición, una imagen de treinta centímetros de lado hubiera correspondido al tamaño aparente del baptisterio. Con el fin de aumentar para permitir la segunda reflexión, la tabla de Brunelleschi debería haber tenido un área de 120 centímetros de lado, no de treinta.

Así pues, ¿qué había aprendido Brunelleschi de su *peep-show*, aparte de las dificultades de trabajar con espejos? Demostraba en esta primera imagen que dibujar en perspectiva implica establecer un plano de la pintura a través del cual se mira la imagen. Este conocimiento lo aplicó a su segunda imagen, la del ayuntamiento. Quizá esta vez operó a partir de una imagen creada en dos espejos (un procedimiento que Filarete recomienda). Quizá empezó mirando a través de un pergamino translúcido y marcando directamente un esbozo sobre este con tinta. Alberti fue el primero en planear (*cuius ego usum nunc primum adinveni*, «cuyo uso encontré recientemente por vez primera», con *primum adinveni* traducido con frecuencia

Aunque varios autores han discutido esta cuestión en este contexto (por ejemplo, Lynes, «Brunelleschi's Perspectives Reconsidered» (1980), 89), solo Rotman ilustra el efecto de esto en su representación: Rotman, *Signifying Nothing* (1993), 15. Resulta extraño que la simulación de Camerota, que parece que emplea un espejo, no muestra este efecto, y parece asumir en el texto que la imagen especular y la escena original tendrían el mismo tamaño: Camerota, *La prospettiva del Rinascimento* (2006), 62. Solo puedo suponer que sus imágenes no son imágenes especulares, sino reproducciones impresas, y que son engañosas.

como «descubrí») un método de mirar a través de una retícula y utilizar las líneas de esta como puntos de referencia, o al menos afirmó haber inventado este método en el texto latino de *De pictura* (1435); la afirmación no aparece en la versión italiana³⁸⁸. Cuando Alberti dice que no comprende cómo alguien puede conseguir siquiera un éxito moderado en la representación en perspectiva sin emplear su método, uno empieza a sospechar que Brunelleschi pudo haberlo ganado en eso, y la revisión a su texto puede tomarse como confirmación de que lo había descubierto tardíamente³⁸⁹. Este método llegó a ser bien conocido más adelante y fue ilustrado, por ejemplo, por Leonardo, Durero y Vignola (véase la lámina 16).

Si esta reconstrucción es correcta (que Brunelleschi empezó representando lo que veía en un espejo), entonces estaba aprendiendo a comprender que dibujar en perspectiva implica establecer un plano de pintura a través del cual se ve la escena, y la tarea del artista es construir una imagen que corresponda a la imagen tal como aparecería sobre un fragmento de vidrio colocado sobre dicho plano. Es este principio el que Alberti invocaba cuando comparaba una pintura a una ventana a través de la cual se ve la

³⁸⁸ La opinión establecida es que el texto latino precedió al italiano, en cuyo caso Alberti eliminó aparentemente la afirmación en un texto que estaba destinado a ser leído por Brunelleschi (lo que apoyaría mi hipótesis). Por otro lado, recientemente unos estudiosos han argumentado que el texto italiano precedió al latino, en cuyo caso Alberti añadió aparentemente la afirmación, quizá después de discusiones con Brunelleschi (lo que iría en contra de mi hipótesis): véase Alberti, *On Painting* (2011).

³⁸⁹ Alberti, *De pictura* §§31, 32: latín en Alberti, *On Painting and On Sculpture* (1972); italiano en Alberti, *De pictura* (1980) (disponible en la Red). Esta revisión no está anotada en Alberti, *On Painting* (2011), cuyo texto de referencia, extrañamente, no es el original italiano (supuesto), sino la *editio princeps* de Basilea en latín.

escena que hay más allá, y que llevó a Durero a afirmar que el término «perspectiva» proviene del latín *perspicere* en el sentido de «ver a través», cuando en realidad procede de su sentido de «ver claramente»³⁹⁰. Lo que Brunelleschi había descubierto no era la construcción del punto de fuga o del punto de distancia; no se había dedicado a hacer complicadas medidas o construcciones geométricas elaboradas, aunque tenía la competencia para realizarlas. Había aprendido a pensar en la superficie pintada como un fragmento de vidrio a través del cual se mira. También había aprendido algo de enorme importancia: que para que una construcción de perspectiva funcionara, artista y observador han de tener el ojo situado en el mismo lugar, y que a este lugar le corresponde un punto de la pintura que se halla directamente opuesto al ojo del artista. Una pintura en perspectiva parece ser una representación totalmente objetiva de la realidad, pero depende de tener un observador preparado para mirarla de la manera apropiada, y cuando lo hacen, el observador puede efectivamente situarse en relación al cuadro. Las pinturas de Brunelleschi no tenían puntos de fuga, pero sí que tenían observadores situados.

§ 3.

Aproximadamente dos décadas separan los primeros estudios de Brunelleschi y el famoso fresco de la *Trinidad* de Masaccio (c. 1425), la primera pintura a gran escala que domina completamente la técnica de la representación en perspectiva^{clxix}. El cuadro de

³⁹⁰ Panofsky, *Perspective as Symbolic Form* (1991), 75-76 n. 3.

Masaccio muestra a Cristo en la cruz frente a una capilla con una bóveda de cañón... pero desde luego la capilla no existe; es totalmente una capilla pintada. Aquí radica la diferencia entre los estudios de Brunelleschi y la pintura de Masaccio: Brunelleschi representaba la realidad; Masaccio representa un espacio imaginario. Se pueden emplear las diversas técnicas de pintar en un plano para representar la realidad; pero si se quiere pintar un mundo imaginario hay que resolver cómo construir dicho mundo, de modo que aparezca convincente y satisfactorio desde el punto de vista estético³⁹¹. Hay que decidir dónde queremos que se hallen el punto de fuga y/o el punto de distancia. Hay que dibujar una retícula de líneas convergentes. Hay que aplicar los principios de la geometría. Y sabemos que esto es precisamente lo que hizo Masaccio: podemos ver las líneas que marcó en el yeso sobre el que pintó³⁹². Sabemos que Brunelleschi discutió sobre perspectiva con Masaccio³⁹³, y que Alberti pronto escribiría un manual sobre perspectiva geométrica.

Así, parecería que fue Masaccio quien fuera responsable de la fase siguiente en el desarrollo de la pintura en perspectiva, que fue desde luego la fase crucial pues la mayor parte del arte del Renacimiento era arte religioso, y el arte religioso casi nunca es una representación directa de la realidad existente en la actualidad. Por descontado, los pintores tenían modelos. Los patrones de Masaccio,

³⁹¹ Camerota, *La prospettiva del Rinascimento* (2006), 66-67.

³⁹² Field, *The Invention of Infinity* (1997), 43-61.

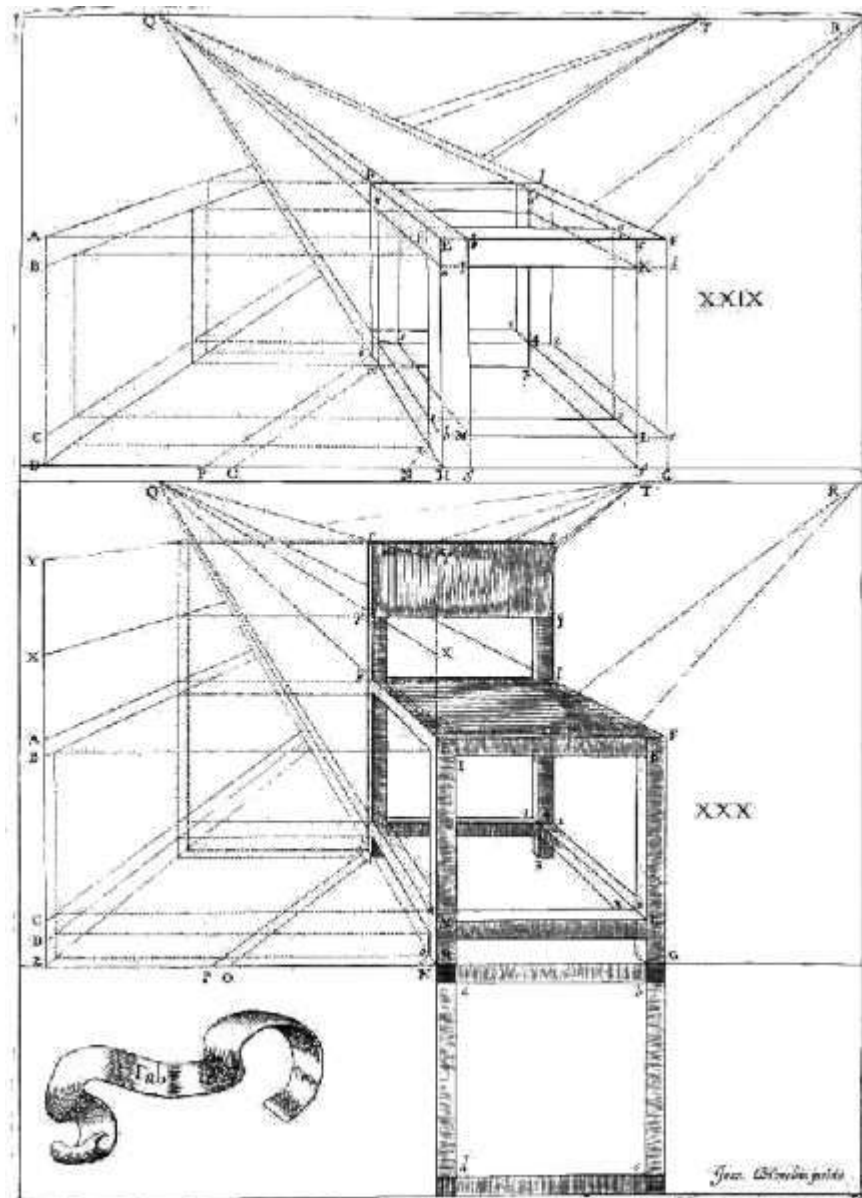
³⁹³ Vasari, *Lives of the Artists* (1965), 136.

que habían pagado por su fresco, aparecen a cada lado, arrodillados. Puede que Masaccio hubiera ido a observar una capilla de bóveda de cañón real y que copiara columnas reales. Pero para encajar estos elementos en esa pared tuvo que hacer esbozos, dibujar líneas convergentes, calcular escalas y escorzos. Tuvo que construir un espacio teórico que se convirtió en un espacio pintado. Así, la pintura en perspectiva implica la aplicación de la teoría a circunstancias concretas. Proporciona una descripción abstracta de líneas en el espacio, que salen del objeto, atraviesan el plano de la pintura y llegan al ojo, y una descripción de cómo dichas líneas aparecen en el propio plano del cuadro. Enseña al ojo a pensar en términos de formas geométricas. Un ejemplo directo de esto lo proporciona la *La perspective curieuse, ou Magie artificielle des effets merveilleux* («La perspectiva curiosa, o Magia artificial de efectos maravillosos») del padre Nicéron, de 1652³⁹⁴. Nicéron explica cómo producir formas anamórficas: formas como el cráneo en *Los embajadores* de Holbein, que solo adopta la forma de calavera si se mira desde un ángulo agudo a la superficie del cuadro. Pero primero ha de adiestrar al lector en comprender y representar formas.

Tomemos esta demostración de cómo dibujar una silla. Primero, demuestra cómo dibujar una sencilla caja rectangular. Después le añade respaldo y patas. El resultado se parece a una silla de la Bauhaus por la sencilla razón de que es una silla hecha a partir de las formas geométricas más simples. No se parece en nada a una

³⁹⁴ Nicéron, *La perspective curieuse* (1652). Véase Massey, *Picturing Space* (2007).

silla del siglo XVII porque ninguna silla del siglo XVII habría estado completamente desprovista de curvas y decoración: piénsese simplemente en la rizada cinta que sirve de rótulo para tener una idea de la estética del período. Es una silla abstracta o teórica, una silla de geómetra, no una silla real. Aprender a tener este aspecto implicaba aprender a aislar las formas matemáticas dentro de objetos más complejos.



Una ilustración de la La perspective curieuse (1652), de Nicéron: una silla reducida a un problema de construcción geométrica. (Wellcome Library, Londres).

Naturalmente, tan pronto como se familiarizaron con las técnicas geométricas de la representación en perspectiva, los artistas quedaron fascinados por las formas matemáticas y las dificultades

de dibujarlas. El propio Leonardo aportó las ilustraciones de *De divina proportione* (*La divina proporción*, 1509), de Luca Pacioli. Evidentemente, ambos eran buenos amigos; ambos estaban al empleo de Ludovico Sforza, el duque de Milán, y huyeron juntos de Milán en 1499, cuando la ciudad cayó en manos de los franceses, y terminaron en Florencia, donde durante un tiempo compartieron alojamiento. En un retrato de Pacioli vemos dos de tales formas: una, un dodecaedro (un sólido regular con doce caras), está situado sobre un libro escrito por Pacioli; la otra, un rombicuboctaedro (un sólido simétrico con veintiséis caras), está hecho de láminas de vidrio y está medio lleno de agua^{clxx}. Cuelga del más fino de los hilos en el espacio vacío, un objeto decorativo, tan interesante por la manera en que capta la luz como por su forma geométrica³⁹⁵.

Pacioli está representado mientras explica un problema de Euclides a un alumno: Euclides está abierto sobre su mesa, dibuja sobre una pizarra la figura necesaria para comprender el problema, y esparcidos sobre la mesa tiene sus instrumentos matemáticos para dibujar y el pequeño estuche tubular que los contiene. A diferencia de su alumno, Pacioli no nos está mirando (está inmerso en profundos pensamientos); pero nosotros lo miramos, porque sus ojos se hallan en el punto céntrico, directamente opuestos a los del artista y a los nuestros (tal como destaca el punzón que sostiene). Los ojos del bello y aristocrático joven se dirigen hacia el artista, o a nosotros. Pacioli es un matemático; la persona que lo pintó

³⁹⁵ Mackinnon, «The Portrait of Fra Luca Pacioli» (1993).

seguramente también lo era, como lo demuestra su comprensión de formas matemáticas complejas^{clxxi}. Al representar a un matemático, el artista pinta una versión de sí mismo: algunos piensan incluso que el joven del cuadro es un autorretrato, en cuyo caso los ojos dirigidos al espectador son una indicación reveladora de una imagen especular^{clxxii}.

Pongo en duda tanto esto como la atribución tradicional a Jacopo de' Barbari. Sobre la mesa, frente al joven, hay una ficha de papel sobre la que se ha posado una mosca. En el papel se lee «Iaco. Bar. Vigennis. P. 1495». Se ha creído que esto era una firma, de modo que el pintor ha sido identificado con Jacopo de' Barbari, aunque esta obra no se parece en nada a la suya, y no era un veinteañero (*vigennis*), sino mucho más viejo, en 1495^{clxxiii}. Nadie parece haber propuesto la explicación obvia, que el pedazo de papel no identifica al artista, sino al joven («P» indicaría *pictum*, no *pincit*^{clxxiv}), que bien puede tener veinte años. Hay muchos italianos llamados Giacomo cuyo apellido empieza por «Bar» (Bardi, Barozzi, Bartolini, Bartolozzi, etcétera). Puesto que el cuadro llevaba originalmente una inscripción que lo dedicaba a Guidobaldo da Montefeltro, duque de Urbino (y alumno de Pacioli), y estaba colgado en su cuarto de vestir, podemos suponer probablemente que Iaco. Bar. era un amigo de Guidobaldo, y que son los ojos del príncipe los que se encuentran con los suyos. ¿Por qué registrar, incluso en forma abreviada, el nombre del joven? De nuevo, la explicación obvia podría ser que el cuadro fuera alguna especie de recuerdo: quizá el joven ha muerto, quizá se ha marchado.

Así, el cuadro pertenece a la vida cortesana de Urbino. Fue en la biblioteca de Guidobaldo donde Polidoro Virgilio escribió *De rerum inventoribus*. Trabajar en esta majestuosa sala, que no solo contenía libros en gran abundancia sino que estaba embellecida con oro y plata, le dio a Virgilio una visión tan distorsionada del mundo que afirmó que en su época cualquier estudioso, no importa lo pobre que fuera, podía poner sus manos en cualquier libro que quisiera³⁹⁶. Posteriormente, la corte de Guidobaldo la haría famosa Castiglione, que situó allí su *Cortegiano* («Cortesano») (1528), localizando teóricamente en ella las discusiones imaginarias que registró en 1507. El propio Guidobaldo no aparece nunca en el libro de Castiglione: se halla enfermo en su lecho mientras su esposa Elisabetta se encarga de todo.

El retrato de Pacioli ilustra la manera en que, una vez se hubo descubierto la perspectiva, matemáticas y arte fueron de la mano. Piero della Francesca escribió varios textos matemáticos (dos sobreviven: *Trattato dell'abaco*, «Tratado del ábaco» y *Libellus de quinque corporibus regularibus* («Librito de los cinco sólidos regulares»)) que tratan de problemas prácticos tales como calcular cuánto grano hay en un montón cónico, o cuánto vino hay en una barrica, así como un libro sobre perspectiva, *De perspectiva pingendi* («Sobre pintar en perspectiva»³⁹⁷). Tales problemas convierten objetos reales (montones de grano, barricas de vino) en

³⁹⁶ Vergil, *On Discovery* (2002), 245.

³⁹⁷ Baxandall, *Painting and Experience in Fifteenth-century Italy* (1972).

formas abstractas, de manera que se les puedan aplicar principios matemáticos. Las publicaciones de Pacioli reproducen en masa material de los libros de Piero. Pacioli no era solo un amigo de Leonardo, sino también de Alberti, con quien estuvo algunos meses cuando era joven. No era un artista, pero *De divina proportione* discute la sección áurea, los principios de arquitectura y el diseño de tipos de letras. Pacioli es conocido ahora sobre todo por el grueso libro sobre el que descansa el dodecaedro: *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalità* («Compendio de aritmética, geometría, proporciones y proporcionalidad», 1494). Se trataba de un manual de matemática aplicada, e incluido en él había la primera explicación publicada de la contabilidad de doble entrada; la doble entrada no era nueva, pero la imprenta sí, de modo que Pacioli sacó partido de una oportunidad obvia³⁹⁸.

§ 4.

La pintura en perspectiva implica por lo general una forma de abstracción peculiar: la construcción de un punto de fuga. Vale la pena señalar que el propio término es relativamente moderno: en inglés se remonta a 1715. Alberti lo denomina punto céntrico (*il punto del centro*), y en muchos textos iniciales aparece indicado simplemente como el horizonte³⁹⁹. Pero Alberti deja perfectamente

³⁹⁸ Gleeson-White, *Double Entry* (2011). Pienso volver en otro lugar a la influencia de la contabilidad de doble entrada sobre las ideas de racionalidad en el período moderno temprano.

³⁹⁹ Panofsky, *Perspective as Symbolic Form* (1991), 143: traduciendo a Palladio, Panofsky señala que «*orizzonte* ... en la terminología antigua siempre significa "punto de fuga"».

claro que la imagen en un cuadro de una perspectiva de un punto se extiende «casi hasta una distancia infinita»⁴⁰⁰. Esto, para un intelectual del Renacimiento, es un concepto absolutamente enigmático. El universo de Aristóteles es finito y esférico; además, no está rodeado de espacio infinito y no existe nada que se parezca al espacio vacío. De hecho, Aristóteles no tiene realmente un concepto de espacio distinto de los objetos que lo llenan. Así, para Aristóteles todo el espacio es finito, todo el espacio es lugar, y la idea de una extensión infinita es conceptualmente contradictoria, al igual que la idea de un vacío⁴⁰¹.

Esto no es verdad, desde luego, en la geometría euclidiana, en la que las líneas paralelas pueden extenderse indefinidamente sin que se encuentren (ni tampoco, puede añadirse, en la óptica de Alhacén). Pero lo que se puede ver cuando se mira a través de una distancia infinita es, precisamente, nada. Por lo tanto, ayuda, si se quiere trabajar con un punto de fuga, tener un concepto de nada. Euclides carecía del número cero, que fue introducido en Europa occidental a principios del siglo XII con lo que llamamos números arábigos (en realidad, el cero es el único de los diez números que es arábigo; los otros son indios). Los números arábigos hicieron posible la contabilidad basada en el papel de la teneduría de libros de doble entrada. Los ceros son maravillosamente útiles, aunque sean profundamente misteriosos; quizá solo una cultura que tuviera el

⁴⁰⁰ Alberti, *On Painting* (1991), 54 (§19).

⁴⁰¹ Hintikka, «Aristotelian Infinity» (1966); es instructivo leer a Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 62-71, que intenta formular un concepto de espacio.

número cero podía haberle dado sentido a la idea de que un punto de fuga podía ser a la vez un punto que no se ve y la clave para la interpretación de un cuadro⁴⁰².

Como consecuencia del punto de fuga, los artistas se encontraron viviendo simultáneamente en dos mundos inconmensurables. Por un lado, sabían que el universo era finito. Por el otro, la geometría de la perspectiva requería que pensarán que era infinito. Un buen ejemplo de ello lo proporciona el comentario de Cesare Cesarino sobre Vitruvio (1521). Cesarino suministra ilustraciones perfectamente convencionales del universo aristotélico como una serie de esferas enlazadas. Pero cuando introduce la idea de medir distancias imagina la medición de la distancia hasta el sol y los planetas y hacia delante y hacia atrás para siempre: dice explícitamente que las líneas desde el espectador a través de los puntos T y M (ilustración adjunta) se extienden hasta el infinito. Así, la perspectiva introdujo un concepto anómalo de infinito en un universo finito⁴⁰³.

Manejar esto planteaba problemas a los artistas. En las primeras pinturas con perspectiva a menudo el punto de fuga está escondido por un pie o un fragmento de cortinaje colocado aparentemente de manera casual. En las imágenes religiosas, podía aprovecharse la presencia furtiva del infinito. Así, el punto de fuga en la *Trinidad* de

⁴⁰² Rotman, *Signifying Nothing* (1993).

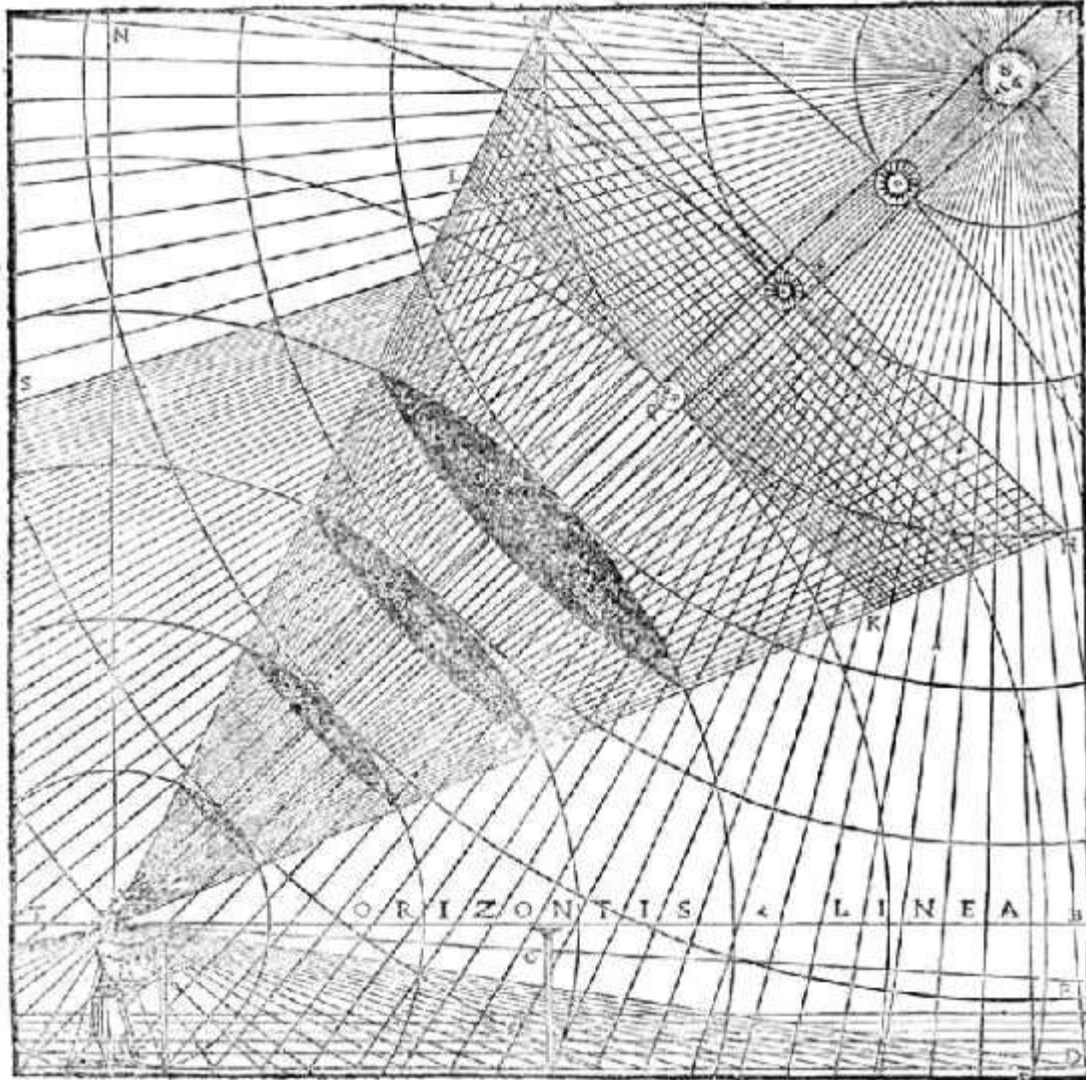
⁴⁰³ Vitruvio Polión, *De architectura* (1521). Koyré consideraba que el concepto de infinito era la distinción clave entre la física aristotélica y la física moderna: Koyré, *Études d'histoire de la pensée scientifique* (1973), 165.

Masaccio se encuentra justo por encima de la parte superior de la tumba, en un espacio aparentemente monótono. Pero originalmente la pintura tenía frente a sí un altar, y el punto de fuga se habría encontrado inmediatamente detrás de la hostia cuando el sacerdote la levantaba en el espectacular punto álgido de la misa, el momento en el que tiene lugar la transustanciación. Este es el punto al que se ven atraídos los ojos del espectador. (Tanto éxito tuvo la pintura de Masaccio en proporcionar un marco para la hostia que pronto fue copiado en el diseño de tabernáculos: cajas de madera construidas para contener la hostia consagrada). De forma parecida, en *El pago del tributo* de Masaccio, el punto de fuga se halla situado detrás de la cabeza de Jesucristo⁴⁰⁴.

Un tema particular que animó a los artistas a explorar el punto de fuga fue la Anunciación. El vientre de María se comparaba a un jardín cerrado («Eres jardín cercado, hermana mía, esposa; eres jardín cercado, fuente sellada», se dice en el Cantar de los Cantares), de modo que a menudo se colocaba en el punto de fuga una puerta cerrada que conducía a un jardín⁴⁰⁵. Pero la encarnación de Cristo devuelve a los seres humanos la posibilidad de salvación, y reabre las puertas del Edén, que habían sido cerradas para Adán y Eva, y abre para los creyentes las puertas del paraíso. De modo que una puerta abierta que conduce a un jardín podía simbolizar la salvación,

⁴⁰⁴ Moffitt, *Painterly Perspective and Piety* (2008); Parronchi, «Un tabernacolo brunelleschiano» (1980).

⁴⁰⁵ Cantar de los Cantares 4,12.



Midiendo el universo, de De architectura (1521), de Vitruvio, con comentarios de Cesare Cesarino. (RIBA Library, Photographic Collections, Londres).

Y, desde luego, Dios es infinito, de modo que la Anunciación representa un encuentro entre lo finito humano y lo infinito divino: en la *Anunciación* de Piero della Francesca el punto de fuga parece usarse simplemente para evocar la presencia del infinito, y las

pautas revueltas de mármol se convierten en una representación simbólica de un Dios que no puede ser visto ni comprendido^{clxxv}.

Sin embargo, en las pinturas seculares el punto de fuga tenía que mantenerse bajo control, porque el mundo humano es finito y limitado. Así, en una pintura de una ciudad ideal, que data de 1480-1484 y atribuido a Fra Carnevale, las dos líneas de edificios a cada lado de una *piazza* apuntan a la lejana distancia, pero el espacio está bloqueado por un templo, en el que una puerta entreabierta sugiere que se podría explorar más, pero solo dentro de un espacio cerrado^{clxxvi}. Si aquí hay que encontrar el infinito, es dentro de un espacio religioso cerrado. En *La caza en el bosque*, de Uccello, hay una multiplicación alarmante de puntos de fuga, todos los cuales conducen a la oscuridad. Se tiene una fuerte sensación de lo fácil que sería perderse, o que el ciervo escapara; el cuadro es un juego sobre la idea de la desaparición, porque la vista del espectador desaparece en la oscuridad en lugar de en una distancia infinita.

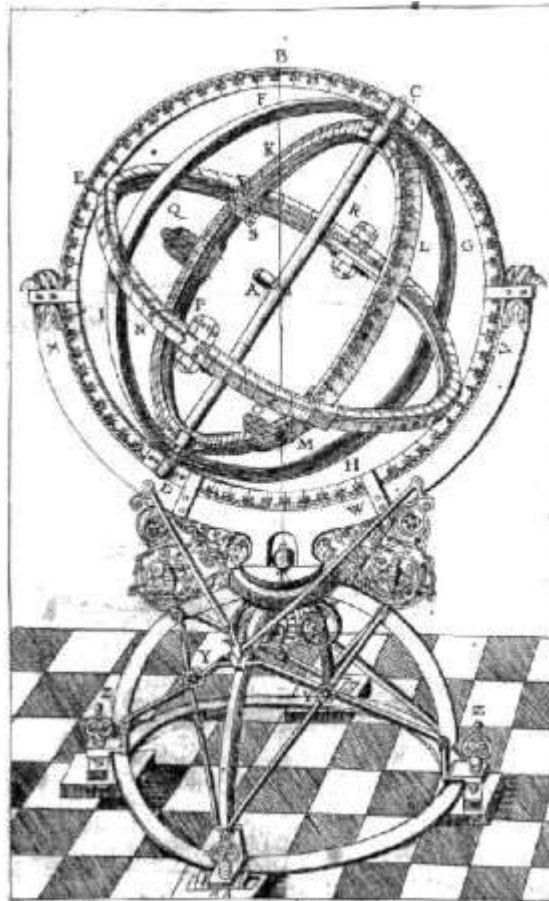
§ 5.

A mediados del siglo XV los artistas experimentaban con la idea de un espacio infinito, abstracto, sin diferenciar. Sabían que esta idea era problemática y anómala, pero también sabían que sin ella no podía haber representación en perspectiva. El arte había escapado, o escapado parcialmente, de Aristóteles, y lo había hecho bajo la guía de la geometría y la óptica. Pero la perspectiva también animaba una nueva manera de contemplar el mundo en tres dimensiones y de registrar lo que se había visto. Esto hizo posible

ver cosas que nadie había visto antes y hacer cosas que nadie había hecho antes.

Antes del dibujo en perspectiva, si se quería diseñar una pieza de maquinaria había que fabricarla, o hacer un modelo de la misma. No había ningún sustituto para trabajar con materiales tridimensionales. Pero una vez los ingenieros hubieron adquirido la capacidad de dibujar en tres dimensiones podían diseñar con una pluma o un lápiz (el lápiz se inventó hacia 1560) en la mano. Leonardo (1452-1519) dibujó muchísimas máquinas que nunca se construyeron, muchas de las cuales (como máquinas voladoras) nunca podrían haberse construido. La lámina 15 muestra su dibujo de un cabrestante de trinquete. El cabrestante se muestra en el dibujo de la izquierda; a la derecha, se muestra el cabrestante con sus componentes separados (o «explotada») para demostrar su ensamblaje. Cada rueda está fijada a un sistema de trinquete. Si se tira de la palanca fijada a la derecha del conjunto del cabrestante, una rueda aprieta firmemente el eje y lo hace girar, lo que levanta el peso. Si se empuja la palanca, la otra rueda agarra, pero está engranada de manera que el eje todavía gira en la misma dirección y el peso continúa elevándose. Puesto que se puede ejercer más fuerza tirando de una palanca o empujándola de la que se puede hacer girando una manivela, este mecanismo es más eficiente a la hora de elevar pesos que un mecanismo de manivela. El dibujo de Leonardo es lo bastante claro para que se hubiera construido un modelo de la máquina y se hubiera demostrado que era funcional. Solo hay un paso desde un dibujo como este hasta un anteproyecto

moderno. El esquema de Leonardo ya está dibujado implícitamente a escala, con un detalle del mecanismo de trinquete que se muestra a un nivel de aumento mayor⁴⁰⁶.



Diseño de Brahe para una esfera armilar ecuatorial, de su Astronomiae instauratae mechanica (edición de 1598). (Special Collections, Lehigh University Libraries, Pensilvania, EE. UU.).

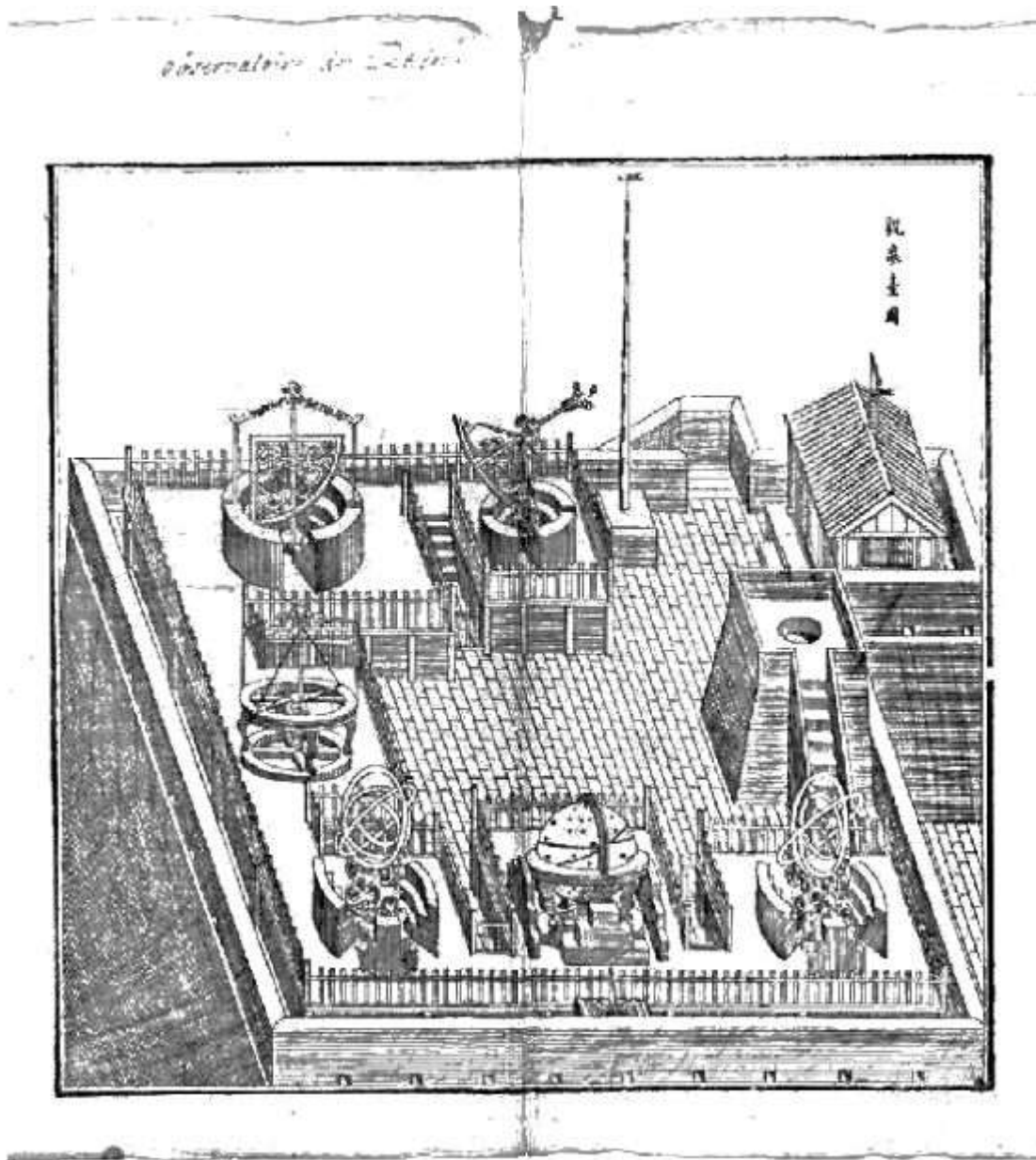
⁴⁰⁶ Edgerton, *The Heritage of Giotto's Geometry* (1991), 108-147; Long, «Power, Patronage and the Authorship of Ars» (1997); Galluzzi, *The Art of Invention* (1999); Ackerman, «Art and Science in the Drawings of Leonardo da Vinci» (2002); Lefèvre, «The Limits of Pictures» (2003); y Long, «Picturing the Machine» (2004).

Desde luego, construir una máquina real a partir de un dibujo no es algo directo. ¿Qué herramientas necesitaríamos para construir el cabrestante de Leonardo? Si eleváramos un objeto muy pesado y tiráramos fuerte de la palanca, se ejercería una fuerza considerable sobre las clavijas que activan el mecanismo. ¿De qué tipo de madera sería necesario confeccionarlos? Los libros de dibujos producidos en el período moderno temprano estaban destinados principalmente a divulgar las habilidades de un ingeniero, no a proporcionar la información que se necesitaría para que el lector lo hiciera él mismo. Incluso las complejas láminas de la gran *Encyclopaedia* (1751-1772) de Diderot y D'Alembert parecen estar allí para ayudarnos a que sepamos qué se puede hacer, no para enseñarnos cómo hacerlo. No obstante, hay ejemplos de la exitosa transferencia de diseños por medio de la imprenta. En 1602 Tycho Brahe publicó su *Instruments for the Restoration of Astronomy* («Instrumentos para la restauración de la astronomía»), que proporcionaba complicadas ilustraciones de los nuevos instrumentos que había imaginado para realizar observaciones astronómicas. En Pekín, en la década de 1760, Ferdinand Verbiest, un astrónomo jesuita, pudo construir instrumentos sobre la base de sus dibujos sin haber visto siquiera los originales de Brahe⁴⁰⁷.

Además de ser un artista, un arquitecto y un ingeniero (todas ellas profesiones que requieren habilidades que se entrelazan en su uso de la geometría y de la perspectiva), Leonardo realizó detallados

⁴⁰⁷ Chapman, «Tycho Brahe in China» (1984).

estudios anatómicos basados en la disección de animales y de seres humanos. Pero, aunque parece que tenía planes para publicar, nunca lo hizo. La revolución en la anatomía llegó con la publicación de *De humani corporis fabrica* (1543), de Andreas Vesalio. Vesalio (que enseñaba en la Universidad de Padua) empleaba artistas de los talleres de Tiziano en Venecia para producir ilustraciones de la máxima calidad posible. Las ilustraciones estaban conectadas mediante letras a marbetes de texto explicativos. Leonardo, en su dibujo del cabrestante, ya usaba letras y marbetes, y desde luego dicha práctica tiene sus orígenes en los esquemas geométricos, pero Vesalio fue la primera persona que hizo un uso sistemático de ella en anatomía. De esta manera Vesalio podía mostrar al lector lo que había visto en el cuerpo. Las planchas grabadas producidas en Venecia eran después transportadas a Basilea a través de los Alpes, pues Vesalio no confiaba en que los impresores venecianos produjeran una obra de la suficiente calidad elevada.



El observatorio imperial en Pekín, de Xinzhi Yixiangtu («imágenes de instrumentos recién hechos»), de Ferdinand Verbiest, que se edificó de 1668 a 1674, y que muestra instrumentos contruidos por el misionero jesuita sobre la base de los diseños de Brahe. (Museum of the History of Science, Oxford).

Todo el objetivo de la *Fabrica* de Vesalio es insistir en que la evidencia de los propios sentidos ha de tener prioridad sobre el texto de Galeno. Con frecuencia los anatomistas medievales habían dado clases leyendo a Galeno en voz alta y comentando su texto, mientras los ayudantes abrían el cadáver: se pretendía que el cuerpo ilustrara lo que decía Galeno, no que lo corrigiera cuando se equivocaba. Pero, incluso cuando los anatomistas medievales habían realizado sus propias disecciones, lo que encontraban (o pensaban haber encontrado) era lo que Galeno les había dicho que encontrarían. Mondino de Liuzzi (1270-1326), por ejemplo, el autor del primer manual medieval sobre cómo realizar una disección, tenía mucha experiencia directa, pero todavía encontró en la base del cerebro humano la *rete mirabile* («red milagrosa») de vasos sanguíneos que Galeno afirmaba que se encontraba allí, a pesar del hecho de que no está allí en absoluto: solo está presente en los ungulados. Leonardo realizó disecciones. Pero todavía pensaba haber encontrado un canal que conectaba el pene masculino con la médula espinal y, por lo tanto, con el cerebro: creía que por él fluía material que formaba parte del eyaculado y que era esencial para la generación. El primer anatomista que discrepó regularmente con Galeno sobre la base de la experiencia directa fue Jacopo Berengario da Carpi, cuya *Anatomia* se publicó en 1535, solo unos pocos años antes de la *Fabrica* de Vesalio⁴⁰⁸. Solo en una cultura en la que la autoridad de los grandes autores clásicos como Ptolomeo y Galeno

⁴⁰⁸ Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (1923), vol. 5, 498-514.

ya había empezado a verse socavada pudo haberse emprendido un proyecto como la *Fabrica* de Vesalio. En este sentido, la coincidencia en las fechas entre las grandes obras de Copérnico y Vesalio indica una correspondencia subyacente: ambos vivían en un mundo en el que el respeto por la Antigüedad se había visto debilitado fatalmente, al menos entre los intelectualmente audaces, por la nueva cultura de la innovación.

El texto de Galeno nunca había estado acompañado de ilustraciones (Galeno dijo explícitamente que las ilustraciones eran inútiles) porque en una cultura de manuscritos las ilustraciones complejas se degradan rápidamente cada vez que se copian^{clxxvii} 409. Así, muchas veces no era en absoluto claro lo que Galeno describía. Con Vesalio, en cambio, es fácil ver de lo que está hablando. Vesalio afirmaba haber identificado docenas de errores en Galeno y esto socavó su autoridad, de la misma manera que los descubrimientos de Colón habían quitado la autoridad a Ptolomeo. Pero incluso más importante para los anatomistas posteriores era el hecho de que, siempre que en las ilustraciones de Vesalio no aparecían detalles anatómicos, o se mostraban de manera incorrecta, se podía decir con seguridad que aquel había cometido un error. Así, las refinadas ilustraciones impresas basadas en dibujos en perspectiva

⁴⁰⁹ Carpo, *Architecture in the Age of Printing* (2001), 16-22. Cunningham, *The Anatomical Renaissance* (1997), que aduce que la anatomía del Renacimiento es una continuación de la anatomía clásica, no tiene en cuenta la transformación fundamental que resultó de la reproducción mecánica de las ilustraciones. Para un excelente caso de estudio de la dificultad de transmitir información visual en una cultura de manuscritos, véase Eagleton, «Medieval Sundials and Manuscript Sources» (2006).

transformaron la anatomía en una ciencia progresiva, en la que cada generación de anatomistas podía identificar errores y omisiones en la obra de sus predecesores. En anatomía, el descubrimiento no empieza con Vesalio: más bien este proporciona el punto de referencia que permite que otros anuncien haber hecho descubrimientos.

Las técnicas empleadas por Vesalio en anatomía eran también empleadas al mismo tiempo en botánica, donde los autores se enfrentaban a una dificultad parecida a la que encontraba el propio Vesalio: ¿debían ilustrar especímenes reales, con todos sus defectos y fallos, y así reflejar exactamente la realidad, o bien debían proporcionar imágenes idealizadas del espécimen perfecto, como Vesalio había hecho con sus hombres culturistas? ¿Debían mostrar la planta en un momento del tiempo, o mostrar la flor y el fruto en una única ilustración? De la misma manera que las imágenes de Vesalio habían hecho posible la identificación segura de partes del cuerpo y el progreso en el conocimiento anatómico, así los nuevos botánicos ilustrados hicieron posible el conocimiento fiable de las diferentes especies y el progreso en su nomenclatura e identificación. Pero el progreso implica discriminación: Conrad Gesner, el primer compilador de información de historia natural en la época de la imprenta (*Historiae animalium*, 1551-1558) suele proporcionar ilustraciones que califica de falsas, e incluso Vesalio en un punto ilustra una afirmación errónea de Galeno. La

convención que nos parece básica (que las ilustraciones representan la realidad) no fue evidente de inmediato⁴¹⁰.

Así, en 1543 se habían unido dos revoluciones para hacer posible un nuevo tipo de ciencia. Por un lado, estaba la pintura en perspectiva, basada en la abstracción geométrica; por el otro, la impresión de láminas grabadas, suplementadas por texto producido en una imprenta. La pintura en perspectiva se remonta a 1425; los grabados impresos al menos a 1428; la imprenta a 1450. La caída de Constantinopla, una de cuyas consecuencias fue una inundación de manuscritos griegos y que eruditos de habla griega entraran desde Oriente en el Occidente de habla latina (y de esta manera mejoraron el conocimiento de los originales griegos de los textos de Galeno) tuvo lugar en 1453^{clxxviii}. ¿Por qué razón, pues, se tardó todo un siglo en completar la transformación producida por la reproducción mecánica de imágenes en perspectiva? Hay dos respuestas a esta pregunta. Primera, la prioridad inmediata de los editores en los años posteriores a la invención de la imprenta era publicar el enorme cuerpo de textos religiosos, filosóficos y literarios que se habían heredado del pasado: primero los textos latinos, y después, para un público más limitado, los textos griegos. La primera edición fiable de Galeno, sobre la que Vesalio había trabajado, apareció en Basilea en 1538; fue allí donde Vesalio insistió en que se imprimiera su *Fabrica*. Segunda, tenía que tener

⁴¹⁰ Ogilvie, *The Science of Describing* (2008); y Kusukawa, «The Sources of Gessner's Pictures for the *Historia animalium*» (2010).

lugar una prolongada revolución cultural, en la que el aprendizaje por los libros llegara a tener menos importancia que la experiencia directa. Dicha revolución, como he comentado, empezó con Colón.



Primera ilustración de los músculos del cuerpo, de De humani corporis fabrica (1543), de Vesalio. (Special Collections. Universidad de Glasgow, Glasgow).

Junto a las grandes obras de Copérnico y Vesalio podemos situar *De historia stirpium commentarii insignes* («Comentarios notables sobre la historia de las plantas»), de Leonhart Fuchs, que apareció el año

antes (1542) y que contenía 512 imágenes exactas de plantas. En su prefacio, Fuchs escribe:

Aunque las imágenes se han preparado con gran esfuerzo y sudor no sabemos si en el futuro serán condenadas por inútiles y sin importancia y si alguien citará la más insípida autoridad de Galeno en el sentido de que nadie que quiera describir plantas intente ilustrarlas. Pero ¿por qué robarles más tiempo? ¿Quién en sus sanos cabales condenaría imágenes que pueden comunicar información mucho más claramente que las palabras incluso de los hombres más elocuentes? Aquellas cosas que se presentan a los ojos y se ilustran sobre tableros o papel quedan fijadas más firmemente que las que se describen con palabras mondas⁴¹¹.

Las palabras de Fuchs representan dos revoluciones distintas: la degradación de la autoridad de la Antigüedad (Galeno es «la más insípida autoridad»; es difícil imaginar lo chocantes que estas palabras debieron de parecer antaño) y el reconocimiento del poder de las imágenes en la nueva era de reproducción mecánica⁴¹². Ambas eran precondiciones esenciales para la Revolución Científica.

⁴¹¹ Citado de Ackerman, «Early Renaissance “Naturalism” and Scientific Illustration» (1991), 202.

⁴¹² Ivins, *Prints and Visual Communication* (1953), es el texto clásico. No todos coincidían con Fuchs y Vesalio acerca del valor de las imágenes: Kusakawa, *Picturing the Book of Nature* (2011), 124-131, en oposición a Fuchs, y 233-237 en oposición a Vesalio.

§ 6.

En 1464, un astrónomo alemán, Johannes Müller, conocido como «Regiomontano» (Regiomontanus era una versión latina del lugar del que procedía, Königsberg^{clxxix}), impartió una conferencia en la Universidad de Padua⁴¹³. Regiomontano había completado recientemente una exposición y comentario de la astronomía de Ptolomeo, que había iniciado su mentor, Georg Peurbach. Este se habría de convertir en el manual estándar de astronomía avanzada durante todo el siglo XVI, y en él Peurbach y Regiomontano no dudaban en criticar a Ptolomeo por sus errores. En 1464 Regiomontano estaba escribiendo una guía a la trigonometría plana y esférica (*De triangulis omnimodis*, «Sobre todo tipo de triángulos») que era muy novedosa y que establecía los cimientos matemáticos de los cálculos astronómicos. Había aprendido griego en Viena para poder leer a Ptolomeo en el original, y en Italia había podido leer a Arquímedes en griego (que había sido traducido al latín en la Edad Media, pero que todavía no estaba disponible impreso) y a Diofanto (que todavía no estaba disponible en latín). Diofanto (c. 210-c. 290) fue el originador del álgebra.

Regiomontano fue uno de los primeros en beneficiarse de la provisión de textos griegos antiguos que llegaron a Italia después de la caída de Constantinopla. En el momento de su lectura en Padua, menos de una década después de la publicación de la Biblia de

⁴¹³ Swerdlow, «Montucla's Legacy» (1993), 299; Byrne, «A Humanist History of Mathematics?» (2006).

Gutenberg, la revolución de la imprenta apenas estaba poniéndose en marcha: Euclides, por ejemplo, no se imprimió por primera vez en latín hasta 1482, en griego en 1533, en italiano en 1543 y en inglés en 1570. Así, la conferencia de Regiomontano supone un momento clave en la readquisición de las matemáticas griegas, y señala hacia el ambicioso programa de la publicación de textos matemáticos que Regiomontano desarrolló, aunque murió antes de que pudiera llevarse a cabo.

Regiomontano habló elogiando las ciencias matemáticas, y las elogió denigrando la filosofía aristotélica que se enseñaba en las universidades. Incluso Aristóteles, dijo, si volviera a la vida, no sería capaz de dar sentido de lo que decían sus discípulos modernos. «Esto [es decir, que los textos son incomprensibles] nadie que no sea un loco se ha atrevido a afirmarlo de nuestras ciencias [matemáticas], puesto que ni la edad ni las costumbres de los hombres pueden eliminar nada de ellas. Los teoremas de Euclides tienen la misma certitud hoy en día que hace mil años. Los descubrimientos de Arquímedes instilarán no menos admiración en los hombres que vengan pasados mil siglos que el deleite que han instilado en nuestra propia lectura»⁴¹⁴. Sin embargo, la alabanza de Regiomontano de las ciencias matemáticas no implicaba admiración acrítica de los matemáticos contemporáneos. Solo el año antes había escrito: «No puedo hacer [otra cosa] que maravillarme ante la indolencia de los típicos astrónomos de nuestra época, que, al igual

⁴¹⁴ Swerdlow, «Montucla's Legacy» (1993), 299.

que mujeres crédulas, reciben como algo divino e inmutable cualquier cosa que encuentran en los libros, porque creen en los escritores [como Ptolomeo] y no hacen ningún esfuerzo para encontrar la verdad»⁴¹⁵. Este tema, que se debiera pasar del estudio de libros al estudio del mundo real, iban a repetirlo una y otra vez los defensores de las nuevas ciencias cuando se iban oponiendo a la antigua filosofía. Fue, por ejemplo, uno de los tropos retóricos favoritos de Galileo: la sugerencia era todavía tan radical en la década de 1620 como lo había sido en la de 1460, porque el control del plan de estudios tradicional sobre la educación universitaria no había disminuido. Galileo también compartía la convicción de Regiomontano de que Euclides y Arquímedes («el divino Arquímedes», como lo llamaba) proporcionaban los únicos modelos para el conocimiento fiable⁴¹⁶.

En 1471 Regiomontano resolvió un procedimiento para medir la paralaje de los cuerpos celestes y con ello su distancia a la Tierra⁴¹⁷. Su procedimiento suponía el uso de una cruz geométrica o ballestilla, un instrumento inventado por el rabino Levi ben Gerson (1328⁴¹⁸). La cruz geométrica es un instrumento muy sencillo, un eje calibrado a lo largo del cual se desliza una barra. Se mira a lo

⁴¹⁵ Swerdlow, «Montucla's Legacy» (1993), 188 (traducción modificada).

⁴¹⁶ Wootton, *Galileo* (2010), 22, 138, 165-166, 210. Compárese Boyle, abajo, p. 416. Así, en su primera fase, la Revolución Científica equivale a un redescubrimiento de la ciencia matemática griega: Russo, *The Forgotten Revolution* (2004).

⁴¹⁷ El texto original se reproduce en Jervis, *Cometary Theory in Fifteenth-century Europe* (1985), 170-193, junto con su traducción, 96-112.

⁴¹⁸ Jervis, *Cometary Theory in Fifteenth-century Europe* (1985), 108-110.

largo del eje y se mueve la barra adelante y atrás hasta que sus extremos se alinean con dos puntos, y entonces puede leerse el ángulo en la escala del eje. Se puede usar una ballestilla, por ejemplo, para medir el ángulo entre el horizonte y el sol a mediodía. Si se conoce la fecha y se tienen las tablas adecuadas, entonces se puede leer la latitud a la que uno se halla (esto, desde luego, implica mirar al sol entornando los ojos; la cruz geométrica se inventó en 1594 para permitir tomar esta medida sin tener que mirar directamente al sol). Alternativamente, de noche se puede establecer directamente la latitud midiendo el ángulo entre el horizonte y la Estrella Polar. La cruz geométrica es simplemente uno de una serie de instrumentos, como el cuadrante y el sextante, diseñados para medir ángulos tomando enfilaciones. Antes de inventarse, el astrolabio (copiado en la Europa medieval a partir de modelos islámicos) había proporcionado un dispositivo de observación, y asimismo un método para medir la altura del sol a partir de su sombra. Con este dispositivo se podía establecer la latitud en la que uno se encontraba si se sabía la hora del día pero, lo que era bastante más importante para la mayoría de usuarios, se podía saber la hora del día si se sabía la latitud y la fecha. Se desarrollaron formas especializadas de tales instrumentos para la topografía, para la astronomía y para la navegación, pero el principio básico de que se podían emplear los ángulos para

de un río. Se podían tomar dos medidas en línea recta con el edificio y, a partir de la distancia entre las medidas y la diferencia entre los ángulos medidos mediante una ballestilla, se podía calcular la altura de los muros y preparar escalas de la longitud adecuada. Los principios básicos implicados los había descrito Euclides y eran bien comprendidos en la Edad Media. Son exactamente los mismos principios implicados en la pintura en perspectiva. Pero allí donde la pintura en perspectiva toma un mundo tridimensional y lo transforma en una superficie bidimensional, Regiomontano intentaba ahora tomar una imagen bidimensional (el cielo nocturno) y convertirla en un mundo tridimensional. Para hacer esto, de hecho, hay que pasar de la visión monocular a la visión binocular.

El principio de la paralaje nos permite hacerlo. Se trata de una variación del principio básico de que si se conoce un ángulo y un lado de un triángulo equilátero o recto, entonces se pueden determinar los otros ángulos y lados. Así, se precisa no una medida, sino dos. Mantenga el observador un dedo frente a sí, cierre el ojo izquierdo y fíjese dónde aparece su dedo frente al fondo. A continuación cambie de ojo. Inmediatamente, el dedo saltará a la derecha. Si se conoce la distancia entre los ojos del observador y se mide el ángulo que corresponde al cambio aparente en la posición de su dedo, entonces se puede calcular la distancia a que se encuentra el dedo (aunque, desde luego, a nadie le importaría esto). En este caso, la distancia entre los ojos del observador es una proporción significativa de la distancia entre los ojos y el dedo; si se pretendiera medir la distancia a un objeto que estuviera muy

alejado, entonces habría que establecer dos puntos de observación que estuvieran muy separados... o al menos eso es lo que parecería. Regiomontano comprendió que un astrónomo no tiene que desplazarse con el fin de tener dos puntos de observación que se hallen, efectivamente, muy separados⁴²⁰. Si los cielos giran alrededor del centro del universo, y si dicho centro se encuentra en o cerca del centro de la Tierra, entonces el punto de observación del astrónomo, que se halla en la superficie de la Tierra, cambia en su relación con los cielos cuando estos se mueven simplemente porque el astrónomo no observa los cielos desde el centro del universo, sino desde un punto distante de dicho centro.

Imagine el lector que se encuentra de pie en el centro mismo de un tiovivo en el que los caballitos están dispuestos en tres círculos concéntricos. En el centro hay una plataforma redonda, estacionaria, alrededor de la cual giran los círculos de caballitos, cada uno de los cuales tarda el mismo tiempo en completar el circuito. Mientras el lector mira hacia fuera y los caballitos giran a su alrededor, la posición relativa de los caballitos seguirá siendo la misma: un caballito que se encuentre alineado con otro en un momento dado seguirá alineado con este un cuarto de revolución

⁴²⁰ Se describe erróneamente que Regiomontano generaliza a partir del método de cálculo de Ptolomeo de la distancia de la luna por Barker y Goldstein, «The Role of Comets in the Copernican Revolution» (1988), 311. El método de Ptolomeo implicaba únicamente una medición, no dos: Van Helden, *Measuring the Universe* (1985), 16; y Newton, «The Authenticity of Ptolemy's Parallax Data, Part 1» (1973). Puede que estén en lo cierto en que el método de Regiomontano y la idea de aplicarlo a cometas ya se le había ocurrido a Levi ben Gerson, pero esta parte de su obra no se conocía en el Renacimiento.

después. Pero si el lector da unos pasos en cualquier dirección, hasta alcanzar el borde de la plataforma estacionaria, entonces parecerá que la posición relativa de los caballitos cambiará todo el tiempo. Además, si el lector conoce el tamaño de la plataforma estacionaria y la distancia hasta el anillo exterior de caballitos, entonces se pueden usar los cambios en la posición relativa de los caballos en los otros dos anillos para deducir cuán alejados están. Regiomontano vio así que se podía medir la paralaje de cuerpos celestes realizando dos observaciones desde el mismo lugar pero en momentos diferentes, en vez de realizar dos observaciones desde lugares diferentes pero en el mismo momento.

Según Aristóteles, los cometas existen en la alta atmósfera. Tiene que ser así, porque los cometas aparecen y desaparecen, mientras que los cielos continúan siempre iguales. Por lo tanto los cometas tienen que ser sublunares, no supralunares: por debajo de la luna, no por encima de ella. La hipótesis de Aristóteles era que representan algún tipo de exhalación de la tierra que se incendia. Hasta donde sabemos, nadie había intentado realmente medir la paralaje de un cometa antes de 1471; simplemente, se había supuesto que la teoría aristotélica era, a todas luces, correcta.

Aunque Regiomontano dedujo cómo hacer dicha medición en 1471, la explicación completa de su procedimiento no se publicó hasta 1531. Lamentablemente, en 1548 se publicó un texto, aparentemente de Regiomontano, que afirmaba haber medido la paralaje del cometa que había aparecido en 1472, y haber confirmado que había ocurrido cerca de la Tierra porque la paralaje

era enorme, 6 grados, lo que lo situaba mucho más cerca que la luna, que tiene una paralaje diurna de alrededor de 1 grado. Un ingenioso trabajo detectivesco ha demostrado que este texto no es de Regiomontano: debió de encontrarse entre sus papeles cuando murió y presumiblemente estaba escrito de su propia mano, de modo que se publicó como suyo, pero no emplea sus métodos y, de hecho, había sido publicado ya en vida de Regiomontano por otra persona, un médico anónimo de Zúrich (identificado provisionalmente como Eberhard Schleusinger). Ahora lo sabemos, pero nadie en el siglo XVI cayó en la cuenta de ello, y esto ha provocado una gran cantidad de confusión en la literatura histórica⁴²¹. Los astrónomos del siglo XVI aceptaron de buena fe la evidencia aparentemente sólida de que Regiomontano había confirmado la explicación tradicional de la distancia de los cometas a la Tierra; ahora sabemos que no hay razones para pensar que Regiomontano había aplicado realmente el sistema de medición que había descrito en 1471; con el fin de aplicarlo, en cualquier caso tendría que haberse resuelto primero cómo habérselas con el hecho de que los cometas son objetos móviles, no estacionarios. Sin embargo, en 1532 Johannes Vögelin midió la paralaje del cometa que apareció aquel año y afirmó haber confirmado el resultado erróneo del pseudo-Regiomontano.

Entonces, en 1572 apareció en el cielo la nova de Brahe. Durante un tiempo fue el objeto más brillante que había en los cielos, aparte

⁴²¹ Jervis, *Cometary Theory in Fifteenth-century Europe* (1985), 114-120.

del sol y la luna, más brillante incluso que Venus. Acontecimientos de este tipo ocurren solo una vez cada mil años, aproximadamente. Y, a diferencia de un cometa, la nueva estrella permanecía quieta, lo que hacía mucho más fácil medir su paralaje. En toda Europa los astrónomos estaban obsesionados por ello, y puesto que ahora sabían la técnica real de Regiomontano para medir la paralaje, naturalmente intentaron aplicarla. Algunos encontraron una paralaje medible, pero otros insistieron en que no había paralaje que medir. Medir con precisión la paralaje no era fácil ni mucho menos, en particular porque requería una medición más exacta del tiempo que la que podía proporcionar ningún reloj del siglo XVI, pero demostrar que no había paralaje medible era mucho más directo. Todo lo que se tenía que hacer era mantener un bramante tirante como dispositivo de observación y encontrar dos estrellas que se encontraran exactamente alineadas con la nova pero al norte y/o al sur de ella; si las mismas estrellas se hallaban exactamente alineadas con la nova más avanzada la misma noche, entonces no había paralaje que medir. Esta misma técnica la empleó Michael Maestlin, el maestro de Kepler⁴²². Y si no había paralaje, entonces el cometa tenía que encontrarse a una distancia enorme, mucho más allá que la luna, cuya paralaje era bastante fácil de medir; tenía que ser un cuerpo supralunar, no sublunar.

¿Cómo explicar la aparición de una nueva estrella en los cielos? Puesto que no podía haber una explicación natural, suponiendo que

⁴²² Jervis, *Cometary Theory in Fifteenth-century Europe* (1985), 125.

la estrella se hallaba realmente en los cielos, el acontecimiento era claramente un milagro, una señal enviada por Dios. Los mejores astrónomos y astrólogos (Thomas Digges en Inglaterra, Francesco Maurolico en Italia, Tadeáš Hájek en Praga) se devanaban los sesos en un intento para intentar deducir qué es lo que aquello podía augurar y se apresuraron a publicar sus conclusiones en conflicto⁴²³.

La nueva estrella de 1572 fue seguida por el cometa de 1577, y de nuevo las mediciones de paralaje situaron al cometa más allá de la luna. Mientras que una nova podía quizá considerarse un milagro, un cometa era algo demasiado común para ser tratado de esta manera, de modo que si los cometas eran fenómenos supralunares, Aristóteles estaba equivocado⁴²⁴. Brahe trabajaba asimismo en otro problema que podía resolverse midiendo la paralaje: una diferencia crucial entre el sistema ptolemaico, por un lado, y los sistemas copernicano y tiónico, por el otro, era que según estos sistemas modernos Marte debía acercarse en ocasiones mucho más a la

⁴²³ Gingerich, «Tycho Brahe and the Nova of 1572» (2005).

⁴²⁴ Barker y Goldstein, «The Role of Comets in the Copernican Revolution» (1988), aducen que esto es una simplificación excesiva, en el sentido que se había propuesto una teoría alternativa de los cometas, que los consideraba como lentes que enfocaban los rayos del sol, y dicha teoría era agnóstica con respecto a la localización de los cometas. Pero, en primer lugar, esta teoría no proporcionaba una explicación adecuada del cambio en los cielos y, en segundo lugar, si hubiera proporcionado una explicación de la trayectoria de los cometas a través de los cielos, dicha explicación hubiera sido incompatible con la teoría de las esferas cristalinas. Están en lo cierto cuando indican que la teoría cometaria no es la causa del copernicanismo (tal como yo he comentado, la teoría de la Tierra como una esfera es una precondition crucial), y en lo cierto al argumentar que el propio copernicanismo conserva muchas cosas de la vieja astronomía; pero yerran al argumentar que hubiera sido posible continuar haciendo ajustes *ad hoc* al sistema aristotélico-ptolemaico para explicar la paralaje cometaria, y yerran cuando afirman que la idea de un sistema cosmológico consistente es en sí mismo nuevo con Kepler y Galileo.

Tierra que según el sistema ptolemaico. Al principio, Brahe creyó haber encontrado una cifra fiable para la paralaje de Marte, que demostraba que el sistema ptolemaico era erróneo, aunque posteriormente se dio cuenta de que dicha cifra planteaba problemas. El procedimiento de Regiomontano para medir la paralaje implicaba idealmente comparar la posición aparente de un objeto celeste poco después de anochecer con su posición aparente no mucho antes del alba, con lo que se maximizaba la paralaje que se iba a medir. Ni la nova de 1572 ni el cometa de 1577 se hallaban en el cielo nocturno tal como se veía desde Europa septentrional, de modo que el procedimiento ideal era inaplicable; en el caso de Marte, no había otra opción que hacer las mediciones cuando el planeta se hallaba casi en línea con el sol, y de esta manera nunca se elevaba mucho por encima del horizonte de noche. Al medir la posición de un objeto cerca del horizonte, Brahe había de tener en cuenta la refracción causada por el mayor espesor de la atmósfera a través de la cual habían pasado sus rayos, y finalmente encontró que había calculado mal este margen de tolerancia, con lo que viciaba lo que había esperado que fuera un argumento clave contra el sistema ptolemaico. Sin embargo, su larga serie de mediciones de la posición de Marte habría de resultar inestimable para Kepler cuando se puso a calcular la «órbita» de Marte (tal como él la llamaba; inventó el término tal como se usa en astronomía) sobre

supuestos copernicanos, y a demostrar que se entendía mejor como una elipse⁴²⁵.

En 1588 Brahe publicó *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis* («En relación a los fenómenos recientes del mundo etéreo») libro II (el libro I, sobre la nova de 1572, se publicó póstumamente en 1602), un estudio definitivo del cometa de 1577, en el que revisaba la extensa literatura que había provocado y argumentaba que aquellas observaciones que no encontraban paralaje eran las únicas fiables, y que por lo tanto Aristóteles estaba equivocado cuando afirmaba que los cometas eran fenómenos sublunares⁴²⁶. Pero fue más allá: en lugar de los sistemas ptolemaico y copernicano, propuso su propio sistema geoheliocéntrico, que era geoméricamente equivalente al copernicanismo pero tenía un sol móvil y una Tierra estacionaria. Puesto que sus cálculos implicaban que los cometas se movían a través de las esferas cristalinas de los planetas, y puesto que su sistema geoheliocéntrico requería que Marte cortara a través de la esfera del sol, Brahe abandonó toda la teoría de las esferas sólidas y concluyó que el sol, la luna y los planetas flotaban libremente en los cielos, como peces en el mar. La cautela de Brahe a la hora de comprometerse con esto, la disolución de las esferas celestes, es probablemente lo que había causado el retraso en la

⁴²⁵ Gingerich y Voelkel, «Tycho Brahe's Copernican Campaign» (1998).

⁴²⁶ Hay una traducción francesa: Brahe, *Sur des phénomènes plus récents du monde éthéré, livre second* (1984). Sobre Brahe, Thoren, *Lord of Uraniborg* (2007); Mosley, *Bearing the Heavens* (2007); y Christianson, *On Tycho's Island* (2000); sobre el cometa, Hellman, *The Comet of 1577* (1971).

publicación^{clxxxix}. Ahora se considera generalmente que es un indicador mucho más importante del inicio de la astronomía moderna que la publicación de *De revolutionibus*, de Copérnico⁴²⁷.

§ 7.

Este relato es un ejemplo magnífico de dos características fundamentales de la Revolución Científica. En primer lugar, la dependencia del camino. Una vez se hubo publicado el sistema verdadero de Regiomontano para medir la paralaje, los astrónomos se embarcaron en un camino que solo podía conducir, tarde o temprano, a que se produjera evidencia decisiva que no cuadraba con las afirmaciones fundamentales que habían hecho Aristóteles y Ptolomeo (aunque Regiomontano se hubiera sorprendido de saberlo). El hecho de que hubiera una extensa demora no significa que la contribución de Regiomontano no fuera decisiva; solo significa, primero, que hubo un retraso en la publicación de su obra y, segundo, que la nova de 1572 simplificó y clarificó las cosas, con lo que produjo una clásica crisis revolucionaria. Determinadas características del sistema ptolemaico (como el geocentrismo) pudieron sobrevivir a esta conmoción, como demuestra el sistema geoheliocéntrico de Brahe, pero los rasgos clave comunes tanto al sistema ptolemaico como al copernicano (cielos invariables, esferas sólidas) no pudieron. Hacia 1650 esto era reconocido de manera

⁴²⁷ Donahue, *The Dissolution of the Celestial Spheres* (1981); Randles, *The Unmaking of the Medieval Christian Cosmos* (1999); y Lerner, *Le Monde des sphères* (1997).

universal; de hecho, ningún astrónomo competente defendía el sistema ptolemaico tal como lo entendía (por ejemplo) Regiomontano después que el descubrimiento por Galileo de las fases de Venus se hubiera corroborado en 1611⁴²⁸.

Esta afirmación (que las nuevas observaciones fueron fatales para las viejas teorías) no concuerda con una filosofía de la ciencia muy reciente, que insiste en que las observaciones y las teorías son maleables y que, en consecuencia, siempre hay maneras por las que pueden salvarse los fenómenos. Una aproximación típica consiste en distinguir entre datos (observaciones en bruto, hechas, por ejemplo, mediante un termómetro en agua hirviendo) y fenómenos (interpretaciones de los datos, por ejemplo, que el punto de ebullición del agua al nivel del mar es a los 100 grados Celsius). Las teorías, se dice, explican fenómenos, no datos, y siempre es posible abrir una brecha entre los datos y los fenómenos así como entre los fenómenos y las teorías⁴²⁹. Pero en el caso de las ciencias geométricas del siglo XVII se pretende que las brechas entre los datos y los fenómenos y entre los fenómenos y las teorías prácticamente no existían.

En el caso de las observaciones de la nova y del cometa de 1577 por Brahe, los datos eran una ausencia de paralaje diurna, el fenómeno que era necesario explicar era que estos nuevos cuerpos se hallaban

⁴²⁸ Estoy agradecido a Christopher M. Graney por confirmarme esto. Sobre el papel decisivo del telescopio a la hora de resolver debates filosóficos y astronómicos, Aggiunti, *Oratio de mathematicae laudibus* (1627), 20; naturalmente, a la vista de la condena del copernicanismo en 1616, evita entrar en detalles.

⁴²⁹ Bogen y Woodward, «Saving the Phenomena» (1988).

en el mundo supralunar, no en el sublunar, y la conclusión teórica inmediata que resultaba era que había cambios en los cielos. Lo que ligaba entre sí datos, fenómeno y teoría era un argumento geométrico (que si no había una paralaje observable, los nuevos cuerpos tenían que estar mucho más lejos que la luna) que era inquebrantable, siempre que las observaciones iniciales fueran fiables. Esto no era verdad en todos los casos en los que se observó una paralaje diurna; tal como hemos visto, la refracción podía hacer posible que se abriera una brecha entre datos y fenómenos, e incluso si las mediciones de Brahe de la paralaje de Marte habían sido correctas, no habrían ayudado a decidir entre su cosmología y la de Copérnico. Pero en los casos de la nova de 1572 y del cometa de 1577, los datos necesitaban el fenómeno, y el fenómeno falsó la teoría establecida.

Evidentemente, si Brahe tenía que confirmar la afirmación de que su argumento era indestructible, había de proporcionar una explicación para el hecho de que no todos habían producido observaciones que demostraran una completa ausencia de paralaje identificable. En consecuencia, en *Recent phenomena II*, Brahe revisó detenidamente las observaciones de aquellos cuyos resultados diferían de los suyos pero (de manera conveniente) correspondían a los resultados que la astronomía tradicional hubiera predicho, e identificó sus errores: un astrónomo había medido la distancia entre el cometa y una estrella, pero después había confundido dicha estrella con otra cuando repitió la medición; otro había sumado cuando debería haber restado; un tercero había

hecho dos mediciones separadas una hora cuando debería haberlas hecho tan seguidas como hubiera sido posible; y un cuarto había confundido dos sistemas diferentes de coordenadas celestes. Así, Brahe identifica errores elementales que explican claramente por qué los resultados de aquellos son diferentes de los suyos; las observaciones no son, quiere insistir en ello, subjetivas o personales, sino objetivas y fiables, y una vez se dan por sentadas el resto sigue necesariamente.

Desde luego, la existencia misma de una diversidad de resultados hizo difícil persuadir a todos de que los argumentos de Brahe eran concluyentes. Galileo seguía debatiendo las mediciones de la paralaje de la nova de 1572 en su *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano* de 1632. Allí explicaba que no se puede simplemente tomar la medida que mejor se aviene con nuestros propósitos (como continuaban haciendo los adversarios de Brahe); que la precisión de los instrumentos variaba y por lo tanto que nunca habría uniformidad en las observaciones; que los resultados más dispares eran casi con toda seguridad erróneos; y que era probable que los resultados se arracimaran alrededor de la medida correcta. Así, podría ser imposible decidir si alguna medida en concreto de las trece que supervisó era la correcta, pero que se podía identificar un rango dentro del cual casi con toda seguridad se encontraba la medición correcta, y confiar en

que todas las medidas alejadas de dicho rango eran erróneas⁴³⁰. Aquí Galileo hacía la distinción (para emplear la terminología de Bogen y Woodward) entre datos y fenómenos, y utilizaba la distinción para desarrollar la primera teoría del error de observación.



Observatorio de Brahe: la escala curvada es un cuadrante para medir elevaciones que está construido sobre la pared; en el interior hay una sección trompe l'oeil del observatorio de Brahe, con una figura gigante del propio Brahe. La imagen procede de la edición de 1598 de su

⁴³⁰ Klein, *Statistical Visions in Time* (1997), 149-151.

Astronomiae instauratae mechanica. La pintura por encima del cuadrante la hicieron en 1587 Hans Knieper, Hans van Steenwinckel el Viejo y Tobias Gemperle, que fueron responsables, respectivamente, de pintar el paisaje de arriba, los tres pares de arcos que representan las tres áreas de Uraniborg, y el retrato de Brahe. (Hulton Archive/Getty Images, Londres).

Las discusiones sobre la posición de novas y cometas en los cielos continuaron pues incluso después de 1610, después de cuya fecha todos los participantes competentes abandonaron el sistema ptolemaico tradicional. Al cabo de uno o dos años de los descubrimientos de Galileo mediante el telescopio, nadie discutía que la luna tenía montañas y que Júpiter tenía lunas, Venus tenía fases y el sol tenía manchas, y así las observaciones de Galileo fueron concluyentes de la manera como las mediciones de Brahe de la paralaje diurna tuvieron que haber sido, pero no fueron^{clxxxii}.

La segunda característica fundamental de la Revolución Científica es el impacto de la imprenta. A principios del siglo XVI la revolución de la imprenta ya estaba en marcha. Hemos visto el impacto que la publicación de la *Fabrica* de Vesalio tuvo sobre la anatomía. Fue solo la imprenta la que aseguró que un número importante de astrónomos tuviera acceso al texto de Regiomontano sobre la paralaje después de 1531. La imprenta hizo posible que Brahe examinara un amplio abanico de publicaciones (había más de un centenar sobre el cometa de 1577, aunque muchas eran únicamente pronósticos astrológicos) y demostrara que los cuatro

mejores observadores habían producido resultados compatibles con los suyos⁴³¹. También aseguró que el nuevo sistema de Brahe se conociera rápidamente en toda Europa. De manera que sus argumentos pudieran ponerse a prueba frente a la nova de 1604 y a los cometas de 1618. La imprenta creó una comunidad de astrónomos que trabajaban en problemas comunes con métodos comunes y que alcanzaban soluciones consensuadas. Esta comunidad no había existido en 1471 (que es otra de las razones por las que el método de medición de Regiomontano tardó tanto en tener un impacto). ¿Cuándo se constituyó? Kepler, razonando a partir de la astrología, fechó el momento de la transición en 1563: la gran conjunción planetaria de aquel año había transformado el mundo del saber; ciertamente, había provocado un aluvión de publicaciones astrológicas^{clxxxiii}. Mi fecha preferida sería 1564, el año siguiente, que vio el primer catálogo publicado de la Feria del Libro de Fráncfort. Los catálogos de Fráncfort circulaban por toda Europa, y establecían por vez primera un verdadero comercio internacional de libros⁴³².

Antes de 1572 los astrónomos medían las posiciones del sol, la luna y los planetas (el sol y la luna eran, técnicamente, también planetas, según el sistema ptolemaico) en el cielo con el fin de predecir sus movimientos futuros. Habían heredado algunos cálculos groseros

⁴³¹ Hellman, «A Bibliography of Tracts and Treatises on the Comet of 1577» (1934); y Hellman, «Additional Tracts on the Comet of 1577» (1948).

⁴³² Eisenstein, *The Printing Press as an Agent of Change* (1979); Estienne, *The Frankfurt Book Fair* (1911); y Kepler en Jardine, *The Birth of History and Philosophy of Science* (1984), 277-280.

del tamaño y distancia del sol, la luna y las estrellas, pero las distancias no eran realmente importantes: todo lo que buscaban era predecir los ángulos que definían la posición de un objeto en el cielo en cualquier momento dado, y hacerlo manipulando el armamento ptolemaico de deferentes, epiciclos y ecuantes, que todos juntos equivalían a lo que se denominaba una hipótesis: término que significaba un modelo matemático que producía predicciones fiables. Pero con Tycho Brahe, las medidas de distancia de repente se volvieron críticas. Allí donde antes siempre había sido posible «salvar los fenómenos», es decir, ajustar la hipótesis para que se adaptara a los fenómenos (si era necesario mediante la adopción de dos hipótesis incompatibles, una para predecir el movimiento al este y al oeste, y la otra para el movimiento al norte y al sur), las observaciones de Brahe eran simplemente incompatibles con las teorías establecidas, ya fuera la ptolemaica o la copernicana (porque Copérnico, se suponía, había continuado creyendo en esferas sólidas que transportaban los planetas a través de los cielos⁴³³). En 1588, la astronomía se preocupaba de la organización de los cielos en tres dimensiones, no solo en dos.

§ 8.

Los historiadores de la ciencia han sugerido a menudo (y correctamente) que la clave para la Revolución Científica es «la

⁴³³ Barker, «Copernicus, the Orbs and the Equant» (1990) (y véase su nota 4 para la literatura anterior).

matematización de la naturaleza»^{clxxxiv} 434. Aristóteles y Ptolomeo habían supuesto que los cielos eran legibles desde el punto de vista matemático, y de hecho Ptolomeo había inventado técnicas para leerlos. Un aspecto de la Revolución Científica consiste en la extensión de las teorías matemáticas para que incluyan fenómenos sublunares. Mientras que la física aristotélica estaba preocupada por cualidades (los cuatro elementos: tierra, aire, fuego y agua, encarnan las cuatro cualidades: caliente y frío, seco y húmedo), la nueva física estaba preocupada por movimientos y cantidades que podían medirse, y ello llevó rápidamente a intentos de medir la velocidad de cuerpos que caen, la velocidad del sonido y el peso del aire. Mientras que Aristóteles había supuesto que cada elemento se comportaba de manera diferente, la nueva física asumía que podía pensarse en todos los elementos pesados como si fueran el mismo. Mientras que la física aristotélica había dependido de todos los cinco sentidos, la nueva física se basaba únicamente en el sentido de la vista. Con el descubrimiento de Galileo de la trayectoria parabólica de los proyectiles (1592) y de la ley de la caída (1604), el mundo sublunar empezó a ser matemáticamente legible, y Newton demostró que los mismos principios físicos operaban en los cielos y en la Tierra. Pero mucho antes de ello, la demarcación aristotélica entre supralunar y sublunar la había hecho añicos Brahe. Desde

⁴³⁴ Véase Cohen, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry* (1994), 59-97; y Cohen, *How Modern Science Came into the World* (2010), xvii-xviii, 201. La frase tiene su origen en Koyré, «Galileo and the Scientific Revolution of the Seventeenth Century» (1943), 347, aunque solo es una repetición de ideas presentes en los *Études* de 1939. Sucede que ya había sido usada en Needham, *The Sceptical Biologist* (1929), 91.

1572 en adelante, la filosofía aristotélica se enfrentaba a una crisis de la que no podía escapar sin sacrificar afirmaciones fundamentales que durante mucho tiempo había considerado incuestionables.

Según Aristóteles, los elementos sublunares se hallaban naturalmente en reposo, mientras que las esferas supralunares giraban en círculos sin fin. Incluso antes de haber descubierto la ley de la caída, Galileo había puesto en cuestión la distinción entre los dos mundos. En el manuscrito inicial *De motu* («Sobre el movimiento», anterior a 1592) sugería que si se hiciera deslizar una piedra a través de una superficie perfectamente lisa, continuaría desliziéndose para siempre. Pensaba en el movimiento circular (la piedra circunnavegaría la tierra), pero cuestionaba asimismo la idea de que el reposo era más natural que el movimiento, e insistía en la legitimidad de la abstracción teórica, porque, desde luego, las superficies perfectamente lisas solo existen en la mente⁴³⁵. Su primer descubrimiento de un principio matemático subyacente al movimiento sublunar fue la identificación de la parábola como la trayectoria de un proyectil tal como una bala de cañón; es decir, de su trayectoria en un mundo teórico en el que no haya resistencia del aire y en el que las balas de cañón no giren mientras vuelan. Después de la muerte de Galileo, pruebas prácticas demostraron que la trayectoria de una bala de cañón real es muy diferente del

⁴³⁵ Wootton, *Galileo* (2010), 58. Un argumento similar puede encontrarse ya en Calcagnini, *Opera aliquot* (1544), 389.

modelo teórico de Galileo; su estudiante Torricelli no se incomodó en lo más mínimo, como no se habría inmutado si se le hubiera dicho que las superficies perfectamente lisas no existen⁴³⁶. Galileo, Descartes y Newton construyeron un universo nuevo en el que la materia era inerte y su comportamiento (al menos en teoría) era matemáticamente predecible, y en el que movimiento y posición eran relativos y no absolutos.

El énfasis historiográfico tradicional en la nueva física supone que la matematización del mundo se inició en el siglo XVII. Pero la pintura en perspectiva proporcionó el primer atisbo de este nuevo universo. Quizá no sea coincidencia que Galileo aprendiera sus matemáticas de Ostilio Ricci, que también enseñaba perspectiva a los artistas, o que Brahe tuviera una notable pintura *trompe l'oeil* en la pared de su observatorio (véase la ilustración del apartado § 7., Observatorio de Brahe). La matematización del mundo sublunar no empieza con Galileo, sino con Alberti, no en el siglo XVII, sino en el XV. *De pictura*, de Alberti, se inicia con una exposición simple de los principios de la geometría, en la que define puntos, líneas y superficies, y continúa con una exposición básica de óptica, que tradicionalmente se consideraba una rama de las matemáticas. También escribió un libro más elaborado sobre geometría para el uso de artistas, *Elementa picturae* («Elementos de pintura», 1507). Desde la pintura en perspectiva, el nuevo conocimiento matemático se extendió a la cartografía. La introducción de Waldseemüller a su

⁴³⁶ Véase arriba, p. 164.

mapamundi (1507) empieza con geometría elemental para cartógrafos: han de comprender círculos y ejes con el fin de dar sentido a la longitud y la latitud, a los polos y a las antípodas. No había nada particularmente nuevo en ello. Cicerón pensaba que la geografía era una rama de la geometría⁴³⁷. La popularización que de Vitruvio hizo Sebastiano Serlio (1537) se inicia con un libro que explica los principios elementales de la geometría, empezando con puntos y líneas, ángulos rectos y triángulos. Pero la aplicación sistemática de la geometría a cuestiones del mundo real, a la arquitectura, a la óptica, la cartografía, la astronomía, la física (pues Galileo afirmaba poder demostrar algunas de sus leyes de la caída mediante argumentos geométricos), era incompatible, como no fuera a corto plazo, con la supervivencia del aristotelismo.

Con la geometría llegó la abstracción. Esto está magníficamente ilustrado por un esquema que Pedro Apiano dibujó para su *Liber cosmographicus* («Libro cosmográfico», 1524). Demuestra que la medición de la longitud y la latitud depende de la referencia a una retícula imaginaria. Para simplificar las cosas, Apiano trata su retículo como si fuera una superficie plana, no una esfera. Y lo presenta en perspectiva, con dos líneas paralelas que convergen hacia un punto de fuga. De hecho, es como el retículo empleado por los artistas para establecer el plano de pintura, y su representación requiere las mismas técnicas que la representación de un suelo embaldosado. El gran historiador del arte Erwin Panofsky afirmaba

⁴³⁷ Vergil, *On Discovery* (2002), Bk 1, cap. 18, § 3

que los suelos embaldosados en las pinturas en perspectiva fueron el primer sistema abstracto de coordenadas; se equivocaba, porque Ptolomeo ya había inventado la longitud y la latitud como un sistema de coordenadas, pero estaba en lo cierto al pensar que la pintura en perspectiva implica un sistema abstracto de coordenadas⁴³⁸.

En el ángulo inferior izquierdo del esquema de Apiano este dibujó algunas montañas, que sugerían un lugar real, quizá incluso una referencia a los Alpes. Pero estas sirven meramente para ocultar el hecho de que la cartografía transforma el lugar en espacio. Esto parece equivocado, porque usamos los mapas para ir de un lugar a otro; ¿es seguro que los mapas tratan de lugares? Pero los mapas funcionan sustituyendo lugares reales por símbolos (aquí, agujas clavadas en un tablero imaginario) y localizando lugares en un espacio abstracto. En el esquema de Apiano no hay nada que sugiera que Venecia es un puerto pero Viena no; que Érfurt y Núremberg son protestantes mientras que Múnich y Praga son católicas; que estas ciudades difieren en tamaño o que pertenecen a estados. Las ciudades reales han sido sustituidas por coordenadas; los lugares reales por espacios teóricos.

La geometría adquirió también nueva importancia como resultado de la invención de la pólvora: ahora las fortificaciones tenían que construirse para resistir las balas de cañón, que vuelan (según se ven a vista de pájaro) en línea recta. Con el fin de proporcionar tiro

⁴³⁸ Panofsky, *Perspective as Symbolic Form* (1991), 57-58.

de enfilada y tiro flanqueante a lo largo de todos los muros, era necesario diseñar los fuertes con todo detalle, con ángulos y distancias medidos meticulosamente. Los bastiones (que los franceses llamaban la *trace italienne* y los colonos americanos el «fuerte en estrella») no solo se construyeron en Europa, sino en Asia y el Nuevo Mundo (dondequiera que se disparasen cañones), desde finales del siglo XV en adelante, de modo que todo comandante en jefe necesitaba tener un cierto conocimiento de geometría. La nueva ciencia de la fortificación la enseñaban matemáticos, entre ellos Galileo⁴³⁹. En el *Otelo* de Shakespeare, Yago se enfurece cuando descubre que Michael Casio, «un gran aritmético», cuyo conocimiento de la guerra lo ha aprendido exclusivamente en los libros, ha sido promocionado y le ha pasado delante⁴⁴⁰.

⁴³⁹ Hale, «The Early Development of the Bastion» (1965); Henninger-Voss, «Measures of Success» (2004); y Gerbino y Johnston, *Compass and Rule* (2009), 31-44.

⁴⁴⁰ *Othello*, I, i, 19.

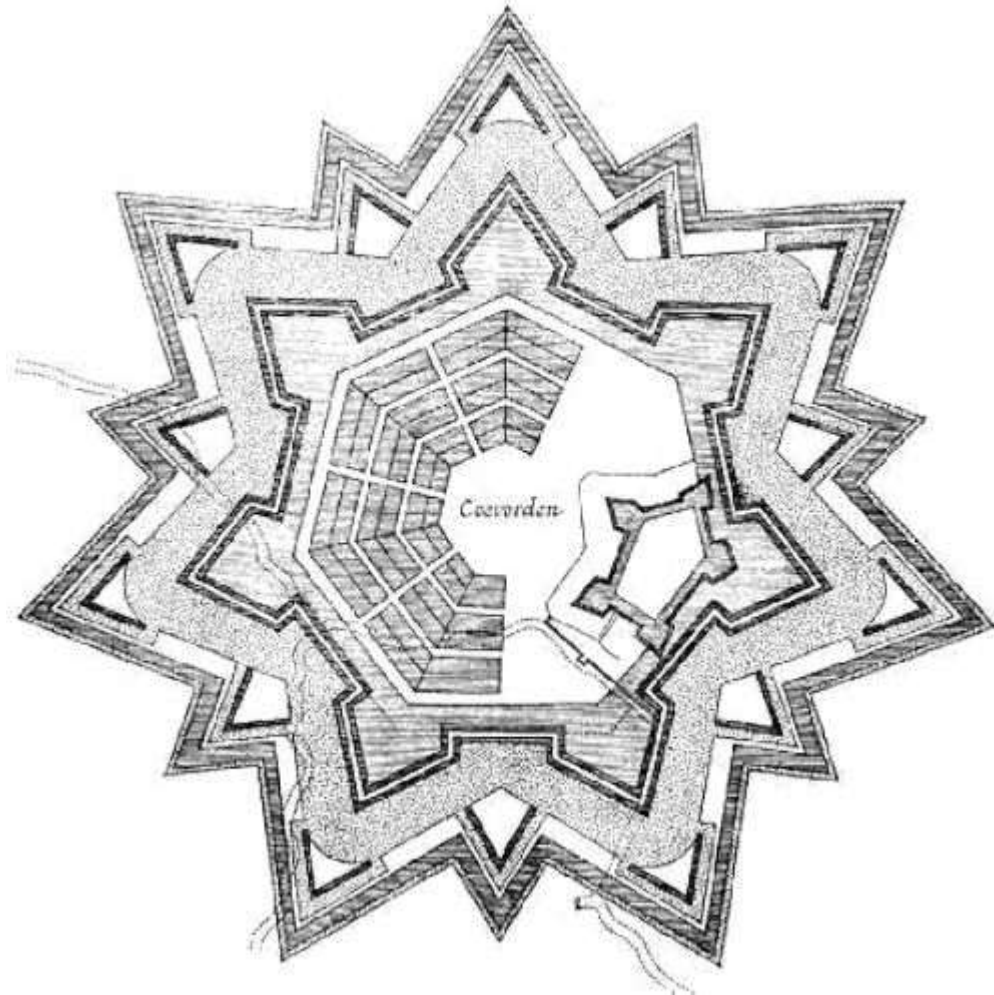


Diagrama de Pedro Apiano que ilustra la longitud y la latitud, de su Liber cosmographicus (1524). (Boston Public Library, Rare Books Department, Boston, EE. UU.).

Alberti había escrito: «Los matemáticos miden los contornos y las formas de las cosas únicamente en la mente, totalmente divorciados de la materia»⁴⁴¹. Pero este divorcio entre las matemáticas y la materia pronto se convirtió en matrimonio. En las famosas palabras

⁴⁴¹ Alberti, *On Painting* (2011).

de Galileo, que proporcionan el epígrafe a este capítulo, el libro del universo está escrito en figuras geométricas.



Plano de la fortificación de Coevorden, Holanda, tal como la dispuso a principios del siglo XVII Mauricio de Nassau, príncipe de Orange.

Simon Stevin asesoró a Mauricio de Nassau sobre el diseño de fortificaciones, y Descartes sirvió en su ejército. (Newberry Library, Chicago, EE. UU.).

La afirmación se remonta a Pitágoras y Platón, pero los platónicos del Renacimiento se habían interesado por el misticismo de los números más que por las matemáticas reales. Lo expone de nuevo de forma valiente Tartaglia en su *Nova scientia* (1537); la nueva ciencia es la balística. El frontispicio de dicho libro presenta a Euclides que controla la puerta que conduce no solo al conocimiento de la balística, sino al de toda la filosofía⁴⁴².

Tartaglia publicó la primera traducción de Euclides en un idioma vulgar moderno (italiano, 1543) e inventó nuevos instrumentos y técnicas para la agrimensura (*Quesiti et inventioni diverse* («Problemas e invenciones diversas», 1546), técnicas que podían emplearse para calcular lo lejos que se encontraba un blanco. En 1622, por ejemplo, una flota de buques holandeses intentó capturar la colonia portuguesa de Macao. Un matemático jesuita hizo los cálculos geométricos para determinar la distancia hasta una acumulación de pólvora que los holandeses habían llevado a tierra y el ángulo de elevación al que debía disponerse el cañón. Un tiro directo y certero cambió el curso de la batalla y aseguró que Macao siguiera siendo una colonia portuguesa⁴⁴³. Así, si preguntamos de qué manera se matematizó la Revolución Científica, la respuesta es mediante la pintura en perspectiva, la cartografía (y las ciencias relacionadas de la navegación y la agrimensura) y la balística. Fueron estos temas los que dieron a matemáticos como Tartaglia,

⁴⁴² Cuomo, «Shooting by the Book» (1997).

⁴⁴³

Brahe y Galileo (y, como hemos visto, también a Leonardo) la confianza de que eran ellos, y no los filósofos, los que sabían cómo dar sentido al mundo. La pintura, la cartografía y la balística no nos parecen ciencias de primera línea, pero, antaño, lo fueron.



Frontispicio de Nuova scientia (1537), de Niccolò Tartaglia. Euclides controla el portal del castillo del saber, donde un cañón y un mortero disparan para ilustrar la trayectoria de los proyectiles. La entrada al reducto interior requiere pasar a través de las ciencias matemáticas, entre las que se encuentra el propio Tartaglia; dentro se halla la

Filosofía, acompañada de Aristóteles y Platón. (Middle Temple Library/Science Photo Library, Londres).

Las diferentes ciencias matemáticas estaban entrelazadas: quien tuviera el talento para sobresalir en una tenía el talento para sobresalir en las demás. Alberti era arquitecto, pintor y matemático; Piero della Francesca era matemático y pintor; Pacioli era matemático y arquitecto; Leonardo era pintor e ingeniero militar; Digges publicó sobre agrimensura y astronomía; los mayores cartógrafos (Mercator, los Cassini) eran también importantes astrónomos, de la misma manera que los mayores astrónomos (Brahe, Halley) eran también cartógrafos. No se trataba de ciencias independientes, sino de un grupo familiar que tenía en común un conjunto de técnicas geométricas e instrumentos de medición. Según la traducción estándar de *De revolutionibus*, Copérnico afirmó «La astronomía se escribe para los astrónomos»; pero no lo hizo. Escribió: «mathemata mathematicis scribuntur» («las matemáticas se escriben para los matemáticos»): Copérnico esperaba que todo matemático fuera capaz de seguir sus argumentos. Él, como prácticamente todos los demás, trabajaba en más de un campo: publicó sobre la reforma monetaria así como sobre astronomía. En cuanto a Kepler, publicó no solo sobre óptica, sino también sobre el análisis matemático de los volúmenes de las barricas de vino (un tema directamente relacionado con un problema en su astronomía, el de calcular el área de una elipse) y de la mejor manera de apilar balas de cañón^{clxxxv}.



Mapamundi de Durero, de 1515. Forma parte de un conjunto que incluye mapas de los cielos septentrionales y meridionales. El mapa de Durero ilustra lo rápidamente que se estableció la idea de la Tierra como un globo después de la publicación del mapa de Waldseemüller en 1507; también demuestra el completo dominio de la representación en perspectiva de Durero. (Science Photo Library, Londres).

Además, no solo eran los pintores los que se preocupaban en cómo representar tres dimensiones en dos: este era asimismo un problema fundamental para los cartógrafos, que tenían que proyectar el globo sobre una superficie plana (hay quienes piensan que una de las soluciones de Ptolomeo a este problema influyó en

Brunelleschi⁴⁴⁴), y para los fabricantes de relojes de sol (siempre matemáticos; a veces, como Regiomontano y Benedetti, de primera categoría), que tenían que calcular cómo el movimiento del sol a través de tres dimensiones se proyectaría sobre un dial plano. Un conjunto de imágenes capta mejor que ninguna otra esta superposición de intereses. Alberto Durero efectuó dos viajes a Italia (1494-1495; 1505-1507) para aprender las últimas técnicas artísticas. Publicó sobre geometría aplicada a la pintura y la arquitectura (*Underweysung der Messung mit dem Zirckel und Richtscheyt*, «Cuatro libros sobre medición», 1525). En 1515 publicó, en asociación con el astrónomo y cartógrafo Johann Stabius, un par de cartas celestes que mostraban los hemisferios septentrional y meridional: estas fueron las primeras cartas celestes que se imprimieron, y las primeras, impresas o no, que mostraban los cielos con un sistema de coordenadas claramente marcado. Estaban acompañadas del primer dibujo en perspectiva de toda la Tierra como una esfera. Aquí, la geometría, la pintura en perspectiva y la cartografía se fusionan en una sola.

§ 9.

La creencia de que las herramientas del matemático (específicamente, las herramientas que proporciona la geometría) eran las correctas que usar para comprender el mundo hizo posible todo tipo de nuevas representaciones. Pero ¿alteró de forma

⁴⁴⁴ Brook, *Vermeer's Hat* (2008), 102.

importante el control de la sociedad sobre el mundo natural, o el control de un grupo social sobre otro? El objetivo de Vesalio era no solo mejorar la comprensión, sino perfeccionar la cirugía. Sin embargo, sin anestesia, antibióticos o métodos seguros de controlar la pérdida de sangre mediante torniquetes y suturas (por no hablar de transfusiones), la cirugía seguía siendo dolorosa, arriesgada y a menudo fatal. El conocimiento adquirido en la disección tenía pocas aplicaciones prácticas, si acaso tenía alguna⁴⁴⁵.

La cosa era muy diferente, desde luego, con las ciencias de la cartografía y la navegación, la balística y la fortificación. Pero es importante distinguir entre el primer par de ciencias y el segundo: el primero trata de espacio y lugar; el segundo de la fuerza de percusión. Cuando los marinos empezaron a navegar durante un tiempo prolongado sin ver tierra, necesitaban nuevos utensilios (brújulas y dispositivos tales como el astrolabio de navegación, que era una versión especializada del astrolabio para su uso en el mar, o el cuadrante de Davis para establecer el norte verdadero mediante el sol y las estrellas), nuevas cartas y mapas, y nuevas provisiones (galletas o sequetes). Hay una tendencia en la literatura moderna a pensar en los mapas como tecnologías para la dominación, como reflejos de la cultura imperial⁴⁴⁶. Esto me parece erróneo, aunque John Donne comparó cartografiar los cielos a poseerlos:

Porque de meridianos y paralelos,

⁴⁴⁵ Por ejemplo, Edgerton, *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective* (1975), 91-123.

⁴⁴⁶ Wootton, *Bad Medicine* (2006), 73-93

*el hombre tejó una red, y lanzó dicha red
a los cielos, y ahora son suyos.*

*Reacios a subir a la colina, o a trabajar así
para ir al cielo, hacemos que el cielo venga a nosotros^{clxxxvi}⁴⁴⁷.*

Los mapamundis europeos situaban a Europa en el centro, pero cuando se mostró a los chinos un mapamundi de Mateo Ricci y estos se quejaron de que la China tenía que estar en el centro, Ricci produjo rápidamente un nuevo mapa que hacía precisamente esto^{clxxxvii}. La proyección de Mercator (1599), cuando se emplea para producir un mapa del mundo, encoge los países situados cerca del ecuador y hace que los países septentrionales aparezcan mucho mayores de lo que realmente son, pero esta es una consecuencia completamente accidental de construir una proyección que permite que un rumbo trazado sobre una carta náutica sea usado directamente para fines de navegación; la proyección de Mercator, que muestra un globo tridimensional sobre una superficie plana, distorsiona las distancias con el fin de conservar la precisión cuando se trata de direcciones. Originalmente se pretendía que estos mapas fueran instrumentos para los marinos, no declaraciones de supremacía europea; solo parecen declaraciones ideológicas a personas que no los usan para la navegación.

Además, hasta el siglo XVIII, los cartógrafos estaban interesados especialmente en producir mapas para los fines de la navegación. Lo

⁴⁴⁷ Por ejemplo, Harley, «Maps, Knowledge and Power» (2001).

que los generales querían no eran mapas precisos, sino mapas esquemáticos que mostraran las rutas a través de las cuales debían moverse tropas y pertrechos⁴⁴⁸. Tales mapas se centraban en carreteras, pasos y vados, e ignoraban todo lo que había a derecha o izquierda de la ruta principal. No mostraban espacio abstracto (que es lo que es el océano abierto), sino lugar real. Los comandantes querían planos de fortificaciones, y esquemas a vista de pájaro (del tipo que Leonardo fue el primero en dibujar) que les permitieran identificar dónde podían hacer avanzar los cañones sin exponerlos al fuego enemigo, o dónde podía bloquearse o tender una emboscada a un avance. Así, la visualización de la aplicación del poder en tierra requería técnicas muy diferentes a las usadas para el mar, y durante mucho tiempo la cartografía mejoró el poder marítimo, no el poder terrestre (que es la razón por la que los holandeses, que dependían casi exclusivamente del poder marítimo, estaban tan preocupados por la cartografía).

Esto nos devuelve a la dura verdad, que, aunque por sí mismos, los mapas, las brújulas, los cuadrantes de Davis y las galletas pueden ser dispositivos neutrales, al hacer posible que los buques surcaran los océanos permitieron a los europeos aplicar la tecnología de la pólvora (ya fuera en forma de cañones disparados desde fortalezas flotantes o de destacamentos de desembarco armados con mosquetes) a sociedades que no tenían medios comparables de

⁴⁴⁸ Donne, «First Anniversary», ll. 278-282.

defenderse⁴⁴⁹. La cartografía aparecía como un paquete tecnológico, junto con el armamento que empleaba pólvora; y el armamento que empleaba pólvora tiene que ver realmente con el poder, y nada más. De modo que mientras que la cartografía y los instrumentos de navegación, tomados aisladamente, son dispositivos neutrales, en la práctica forman parte de un paquete de tecnologías que aseguraron la dominación global de Occidente durante quinientos años.

§ 10.

Hasta aquí, mi argumento es que la matematización del mundo a lo largo del siglo XVII llevaba preparándose desde hacía mucho tiempo. La pintura en perspectiva, la balística y la fortificación, la cartografía y la navegación prepararon el terreno para Galileo, Descartes y Newton. La nueva metafísica del siglo XVII, que trataba el espacio como algo abstracto e infinito, y la localización y el movimiento como algo relativo, se basaba en las nuevas ciencias matemáticas de los siglos XV y XVI, y si queremos buscar los inicios de la Revolución Científica necesitaremos remontarnos a los siglos XIV y XV, a la contabilidad de doble entrada, a Alberti y a Regiomontano. La Revolución Científica fue, ante todo, una revuelta de los matemáticos contra la autoridad de los filósofos. Los filósofos controlaban el plan de estudios de la universidad (en tanto que profesor universitario, Galileo nunca enseñó otra cosa que astronomía ptolemaica), pero los matemáticos tenían el padrinazgo

⁴⁴⁹ Parker, *The Army of Flanders* (1972), 42-90; Hale, «Warfare and Cartography» (2007).

de príncipes y mercaderes, de soldados y marinos⁴⁵⁰. Obtuvieron este patrocinio porque ofrecían nuevas aplicaciones de las matemáticas al mundo. Esto implicaba la invención de muchos instrumentos para mediciones mejoradas en la Tierra y en los cielos (ballestillas, sextantes, cuadrantes) y lo impulsaba una nueva obsesión por la exactitud. Exactitud y certeza: estas eran las consignas de la nueva ciencia.

Regiomontano fue uno de los primeros, pero no fue el último, en ver en las ciencias matemáticas un nuevo tipo de conocimiento fiable. En 1630, Thomas Hobbes, que había recibido una educación humanística y escolástica convencional en Oxford, encontró un ejemplar de los *Elementos* de Euclides «en la biblioteca de un caballero» en Ginebra. Estaba abierto en la proposición 47 del libro 1 (que ahora llamamos «teorema de Pitágoras»). «Desde aquel momento se enamoró de la geometría»⁴⁵¹. Pronto aspiró a construir una nueva ciencia de la moralidad y la política sobre principios geométricos. De lo que Hobbes se había dado cuenta es que no hay nada más seguro que las verdades de las matemáticas. Dos más dos siempre son cuatro; el cuadrado de la hipotenusa siempre es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados. Estas son verdades universales: entenderlas es adoptarlas^{clxxxviii}. Durante unos dos siglos, desde Regiomontano (m. 1476) a Hobbes (m. 1679), Euclides y Arquímedes proporcionaron los ejemplos cruciales de cómo

⁴⁵⁰ Cipolla, *European Culture and Overseas Expansion* (1970).

⁴⁵¹ Por ejemplo, Long, «Power, Patronage and the Authorship of Ars» (1997)

construir un nuevo tipo de conocimiento, los únicos bastiones defensivos contra el tipo de duda que Sexto Empírico y Montaigne habían expresado con tanta elocuencia⁴⁵². Pero si la revolución iniciada por los matemáticos había de tener éxito necesitaba identificar otras maneras de establecer y comunicar verdades universales. Es a estas a las que nos dedicaremos ahora.

⁴⁵² Jesseph, «Galileo, Hobbes and the Book of Nature» (2004), 193. Para más elogios de las matemáticas, véase, por ejemplo, la conferencia inaugural del pupilo de Galileo, Niccolò Aggiunti (que es atribuida de forma nada convincente a Galileo por Peterson, *Galileo's Muse*, 2011): Aggiunti, *Oratio de mathematicae laudibus* (1627).

Capítulo 6

Los mundos de gulliver

Pero la visión más detestable de todas fue la de los piojos trepando por sus ropas. Yo podía ver perfectamente las patas de estas sabandijas a simple vista, mucho mejor que las del piojo europeo a través de un microscopio, y su hocico con el que hozaban como cerdos. Eran los primeros que había contemplado, y tenía que haber sido lo bastante curioso para disecar uno de ellos, si hubiera tenido los instrumentos adecuados, que lamentablemente había dejado en el barco, aunque, en realidad, la visión fue tan nauseabunda que me hizo dar un vuelco al estómago.

Jonathan Swift, «Un viaje a Brobdingnag», Los viajes de Gulliver (1726)

§ 1.

Un día, a principios de 1610, Johannes Kepler caminaba por un puente de Praga cuando unos copos de nieve se posaron sobre su abrigo⁴⁵³. Se sentía culpable, porque no había logrado hacerle un regalo de Año Nuevo a su amigo Mathias Wacker. Le había dado *nichts*, nada. En su abrigo los copos de nieve se fundían y se

⁴⁵³ Tuck, «Optics and Sceptics» (1988).

transformaban en nada. Observándolos, Kepler comprendió de forma patente dos cosas más o menos simultáneamente. Cada copo de nieve era único, pero todos eran iguales en el hecho de que tenían seis ángulos. Esto hizo que Kepler pensara en formas bidimensionales de seis ángulos y de cómo forman un enrejado: las celdillas de un panal, o las semillas de una granada. Y acerca de que las únicas formas que se pueden usar para embaldosar un suelo, si todas las baldosas son iguales, son triángulos, cuadrados y hexágonos. Y acerca de las pautas que se pueden hacer si se apilan balas de cañón. Kepler pensó que podía deducir la manera de amontonar esferas que fuera la que más espacio ahorrara; su explicación se conoce como «la conjetura de Kepler» (que las mejores disposiciones son aquellas en que los centros de la esferas en cada capa se encuentran sobre los centros de los huecos entre las balas en la capa inferior), y finalmente se demostró que era cierta para cualquier retículo regular en 1831, y para cualquier disposición posible de esferas en 1998. Para Kepler, esto eran matemáticas aplicadas: a Thomas Harriot le había preguntado sir Walter Raleigh en 1591 cuántas balas de cañón debían amontonarse en las cubiertas de los barcos con el fin de tener a bordo tantas como fuera posible, y Harriot le pasó el problema a Kepler.

Kepler fue la primera persona que sepamos que imaginara que valía la pena hacer una inspección detallada de los copos de nieve, y el pequeño panfleto que escribió sobre ellos (*Strena, seu de nive sexangula* «Aguinaldo, sobre el copo de nieve de seis puntas», 1611) se considera ahora como el texto fundador de la cristalografía. Pero

lo escribió porque había pensado también en un juego de palabras que no podía dejar de hacer. El latín para copo de nieve es *nix*^{clxxxix}, casi igual que el término alemán para nada. Si le ofreces a alguien un copo de nieve, le estás ofreciendo nada, porque pronto se fundirá; Kepler podría ofrecer a su amigo un librito sobre copos de nieve, y sería a la vez algo y nada. Ya no tendría que sentirse avergonzado por haberle dado nada; ahora podría enorgullecerse de ello.

Al igual que Galileo, Kepler creía que el libro de la naturaleza está escrito en el idioma de la geometría. En su primera obra importante, *Mysterium cosmographicum* («El misterio cosmográfico», 1596), había argumentado que el espaciado entre los planetas en el sistema copernicano era el espaciado que se obtendría si los cinco sólidos platónicos se anidaran unos dentro de otros en un orden determinado (desde el interior hacia fuera: octaedro, icosaedro, dodecaedro, tetraedro, cubo). Si Dios era un matemático (¿y quién podría dudarlo?), entonces cabría esperar encontrar una lógica matemática en los lugares más inesperados, por ejemplo en la organización del Sistema Solar o en un copo de nieve.

Así, Kepler estaba preparado conceptualmente para encontrar un orden matemático en el copo de nieve. Pero se sorprendió al verse buscándolo allí, de todos los lugares posibles, y encontrar el mismo orden operando en lo grande y en lo pequeño. De hecho, consideró la posibilidad de que los diamantes y los copos de nieve se formen mediante la misma acción formadora, que no puede ser ni el frío ni el vapor, pero que tiene que ser la misma Tierra:

Pero me veo arrastrado tontamente, y al intentar dar un regalo de casi nada, casi hice que todo ello fuera nada. ¡Porque de este casi nada he recreado casi totalmente el universo entero, que lo contiene todo! Y habiendo evitado antes discutir el alma diminuta del animal más diminuto [la nigua], ¿acaso voy a presentar ahora el alma del animal que es tres veces mayor, el globo de la tierra, en un diminuto átomo de nieve?⁴⁵⁴.

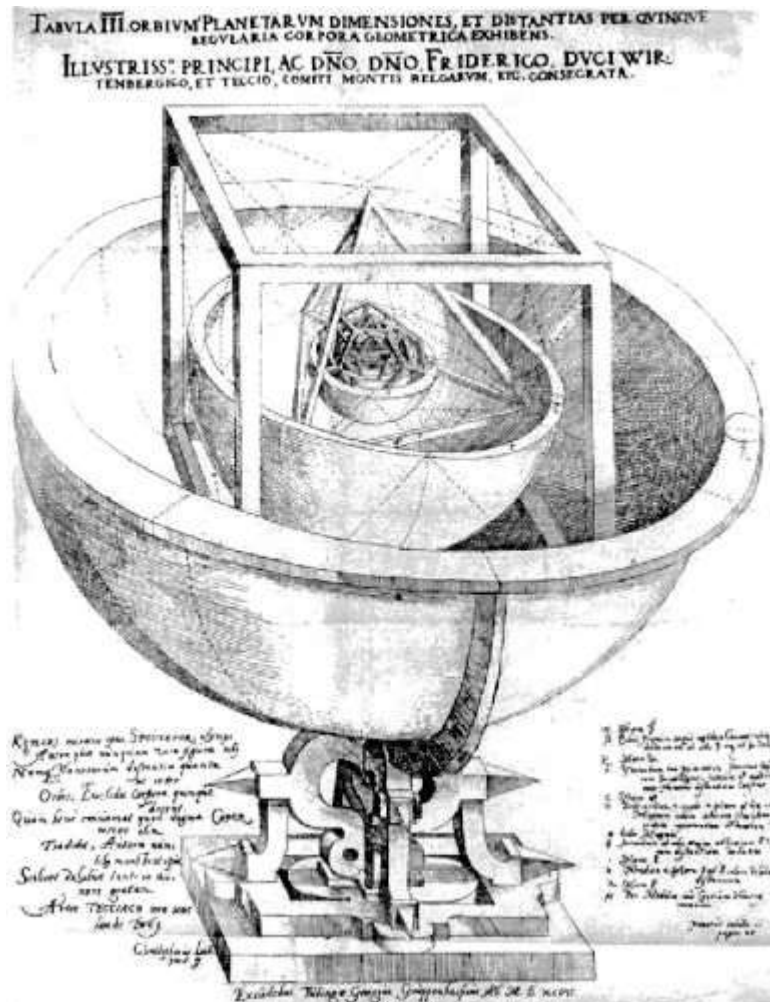
Kepler disfruta con su broma sobre nada. Incluso imagina a un doctor local disecando la nigua^{CXC}, el animal más pequeño visible al ojo humano, y así, desde luego, imposible de disecar⁴⁵⁵.

Dos meses después, el 15 de marzo, el mundo de Kepler se transformó. Su amigo Wacker llegó a toda prisa en su carruaje, tan excitado que gritaba sus noticias sin siquiera preocuparse de salir del carruaje y entrar en la casa. Le había llegado la información de que en Venecia alguien llamado Galileo, utilizando algún tipo de instrumento nuevo, había descubierto cuatro planetas que orbitaban alrededor de una estrella distante.

Bruno tenía razón. El universo era infinito y había otras tierras; y Kepler, que siempre había insistido que el sol y la Tierra eran únicos, estaba totalmente equivocado.

⁴⁵⁴ 1610 a partir de la carta de Georg Kepler a Kepler: véase Kepler, *The Six-cornered Snowflake* (1966), 65 n. 1.

⁴⁵⁵ Kepler, *The Six-cornered Snowflake* (2010), 99.



*Representación de Kepler de los cinco sólidos platónicos (cubo, dodecaedro, icosaedro, octaedro y tetraedro), anidados unos dentro de los otros, del *Mysterium cosmographicum* (1596). Kepler afirmaba que el tamaño de los orbes planetarios correspondía al tamaño de un orbe que encajara exactamente dentro de cada uno de los sólidos si estos se dispusieran uno dentro de otro en el orden adecuado. Consideraba que esto era una prueba del gusto de Dios por la simetría matemática que se mostraba en su diseño del universo. (Print Collector/Getty Images, Londres).*

Kepler describe esta escena: se gritaban el uno al otro y reían, Wacker deleitándose en su triunfo y Kepler riéndose por haberse equivocado, y riéndose también con placer al pensar en un descubrimiento tan extraordinario⁴⁵⁶.

El libro de Galileo (dedicado a Cosme de Médici, el dirigente de Florencia; Galileo se trasladaría pronto de Venecia a Florencia) se había publicado el 13 de marzo; el 8 de abril un ejemplar llegó a Praga en el correo diplomático y el embajador florentino lo presentó al emperador, que lo pasó directamente a Kepler⁴⁵⁷. Resultó que el rumor que Wacker había oído era erróneo^{cxc}. De hecho, Galileo había descubierto lunas que orbitaban alrededor de Júpiter, no planetas que giraban alrededor de una estrella distante. Después de todo, no estaba necesariamente en lo cierto, aunque el nuevo descubrimiento demostró con seguridad que Copérnico tenía derecho a proclamar que la Tierra podía ser un planeta y al mismo tiempo tener una luna que girara a su alrededor, lo que había parecido absolutamente implausible a los defensores de Ptolomeo (para quienes la luna era uno de los planetas) y de Brahe.

§ 2.

El relato de los descubrimientos de Galileo es, a lo que parece, claro. En 1608 se inventó el telescopio en Holanda. Fue un descubrimiento casual que hizo, quizá, Hans Lippershey, un

⁴⁵⁶ Kepler, *The Six-cornered Snowflake* (2010), 31. Kepler piensa aparentemente en un organismo de tamaño menor que el ácaro de la sarna: Kepler, *L'Étrenne* (1975), 88 n. 21.

⁴⁵⁷ Kepler, *Kepler's Conversation with Galileo's Sidereal Messenger* (1965), 9-11.

fabricante de anteojos (otros dos fabricantes de anteojos ponían en entredicho la afirmación de prioridad de Lippershey). En 1609, Galileo, que nunca había visto un telescopio, dedujo cómo hacer uno⁴⁵⁸. Tenía una aplicación obvia en la guerra, tanto en tierra como en el mar, de modo que persuadió al gobierno veneciano para que lo recompensara por su invención. Se irritaron en cierto modo al descubrir a los pocos días que los telescopios eran fáciles de obtener y que Galileo los había estafado. El primer telescopio de Galileo había usado un aumento de 8x; a principios de 1610 había conseguido producir uno con un aumento de 30x y había empezado a explorar los cielos⁴⁵⁹.

Hay una frase estándar que se ha repetido una y otra vez en la literatura: «Galileo dirigió su telescopio a los cielos». A buen seguro que lo hizo, en otoño de 1609. Harriot hizo lo mismo en Inglaterra cuatro meses antes que Galileo (su primer telescopio tenía un aumento de 6x⁴⁶⁰). El misterio reside en el enorme esfuerzo que

⁴⁵⁸ Kepler, *Dissertatio cum nuncio sidereo* (1993) (para un texto inglés, Kepler, *Kepler's Conversation with Galileo's Sidereal Messenger*, 1965).

⁴⁵⁹ Mario Biagioli ha afirmado que Galileo *había* visto un telescopio. Su prueba es una carta de Sarpi a Francesco Castrino (21 de julio de 1609), en la que Sarpi dice que un telescopio ha llegado «a Italia». «A Italia» no tiene por que significar «a Venecia», como resulta aparente a partir del contexto (Biagioli, «Did Galileo Copy the Telescope? A "New" Letter by Paolo Sarpi», 2010). Bucciantini, Camerota y otros, *Galileo's Telescope* (2015), 35-36, aceptan la línea de argumentación de Biagioli al menos en el aspecto que aducen, como un hecho, que Sarpi había podido tocar un telescopio antes de escribir esta carta, pero esto va más allá de lo que Sarpi dice. La «nueva» carta de Sarpi se publica por primera vez en 1833. Biagioli se pregunta por qué Favaro no la incluyó en las *Opere* de Galileo. La explicación es simple: Favaro la leyó como el registro de una noticia, no como una descripción de la experiencia personal de Sarpi; según esta lectura (que a mí me parece perfectamente legítima), es irrelevante para la cuestión del conocimiento del telescopio por parte de Galileo.

⁴⁶⁰ Wootton, *Galileo* (2010), 87-92; Van Helden, «The Invention of the Telescope» (1977).

Galileo invirtió a la hora de mejorar su telescopio, puliendo con su propio equipo doscientas lentes con el fin de terminar con diez telescopios con un aumento de 20x o superior. Porque lo que es extraño acerca de estos diez telescopios es que eran demasiado buenos para su uso obvio, militar. Su campo de visión era minúsculo: Galileo solo podía ver en cada momento una parte de la luna. Sostenidos con ambas manos, temblaban y se bamboleaban, de modo que fuera lo que fuera que se estuviera observando, se deslizaba del campo de visión: era esencial situarlos sobre algún tipo de trípode o montura.

¿Cómo sabemos que el telescopio de Galileo era demasiado bueno para su uso naval y militar? Si buscamos barcos en el mar, la curvatura del globo significa que el límite de lo lejos que se puede ver viene determinado por el horizonte. Desde una altura de siete metros, el horizonte se halla a solo seis millas de distancia: la máxima distancia a la que un vigía en una galera podía ver a otra galera es de unas doce millas. El alcance práctico del fuego de cañones era del orden de una milla, de modo que en una batalla en tierra este era el alcance crucial para mejorar la visión. En 1636, hacia el final de su vida, Galileo entabló negociaciones con los holandeses. Tenía un plan valioso para calcular la longitud a la que se hallaba un buque utilizando las lunas de Júpiter como reloj (un cronómetro marino fiable no se inventó hasta 1761). En aquel momento, no había un solo telescopio en los Países Bajos capaz de un aumento de 20x, y sin embargo los holandeses tenían gran cantidad de telescopios buenos perfectamente adecuados para uso

militar y naval⁴⁶¹. Si los telescopios con un aumento de 20x hubieran tenido una aplicación práctica, los habrían poseído^{cxcii}. Es evidente, pues, que Galileo había transformado su telescopio en un instrumento que solo era bueno para una cosa: observar los cielos. Lo había convertido en un instrumento científico. Otros, entre ellos Harriot, se afanaban para darle alcance.

Es importante distinguir aquí entre el impacto del telescopio y el del microscopio. Los dos son básicamente lo mismo, de modo que tan pronto como Galileo tuvo un telescopio lo pudo usar para estudiar moscas, por ejemplo. Posteriormente ideó un mejor instrumento, para usar sobre una mesa, y estudió de qué manera las moscas pueden trepar por un vidrio. Pero la primera publicación para representar lo que se podía ver a través de un microscopio, fue una única hoja grande titulada «Il Apiario» (sobre abejas, en honor del papa Urbano VIII, el símbolo de cuya familia, los Barberini, era la abeja) no apareció hasta 1625, y la primera publicación importante fue la *Micrographia* de Hooke, de 1665⁴⁶². El telescopio, en cambio, transformó la astronomía casi de la noche a la mañana, mientras que el microscopio tardó en ser adoptado (y, hacia el final del siglo, fue abandonado rápidamente⁴⁶³). La razón para ello es sencilla: existía un cuerpo establecido de teoría astronómica, y lo que se veía con el telescopio no encajaba con aquel. Los astrónomos apenas

⁴⁶¹ Alexander, «Lunar Maps and Coastal Outlines» (1998); y Pumfrey, «Harriot's Maps of the Moon» (2009).

⁴⁶² Wootton, *Galileo* (2010), 130.

⁴⁶³ Freedberg, «Art, Science and the Case of the Urban Bee» (1998), en 298; Power, *Experimental Philosophy* (1664), tenía pocas ilustraciones y defectuosas.

podían disputar la relevancia del telescopio para sus estudios. Pero el microscopio permitió la visión de un mundo previamente desconocido; era difícil decidir de qué manera la nueva información que producía estaba relacionada con el conocimiento establecido. El telescopio planteaba directamente cuestiones que ya se discutían; el microscopio abría nuevas líneas de investigación cuya relevancia para las preocupaciones de la época no era evidente. Que el telescopio floreciera y el microscopio languidciera es una de las señales de que la Revolución Científica puede entenderse propiamente como una revolución: es decir, una revuelta contra un orden previo. Tanto el telescopio como el microscopio produjeron nuevo conocimiento, pero en el siglo XVII solo el telescopio ponía directamente en peligro el orden existente.

Sin embargo, en 1609 no era en absoluto evidente que el telescopio habría de transformar la astronomía: si lo hubiera sido, habría habido un gran número de astrónomos intentando producir telescopios de alta potencia (tal como ocurrió tan pronto como Galileo publicó sus descubrimientos). ¿Por qué Galileo se lo tomó en serio como instrumento científico? Parece evidente que pensaba que había algo que él podría ver si su telescopio era suficientemente potente. ¿Qué? Solo hay una respuesta posible a esta pregunta: buscaba montañas en la luna. Las enseñanzas ortodoxas eran que la luna, al ser un cuerpo celeste, era una esfera perfectamente redonda y lisa. Sin embargo, las variaciones en su coloración, comoquiera que se explicaran, no eran debidas ciertamente a ninguna irregularidad de la superficie. Pero Galileo estaba

familiarizado con Plutarco, que había afirmado que la luna tiene un paisaje de montañas y valles⁴⁶⁴. Kepler estaba tan obsesionado con esta idea que en 1609, como parte de sus conversaciones con Wacker, había empezado a escribir un relato (la primera obra de ciencia ficción)^{cxci} acerca de un viaje a la luna (que se acabó publicando póstumamente, en 1634⁴⁶⁵). Desde la luna, decía, se tendría la ilusión de que la luna es estacionaria y que la Tierra flotaba por el espacio. Kepler no fue el único en imaginar una luna con características como las de la tierra. En 1604, alguien cercano a Galileo (quizá el mismo Galileo) había publicado un tratado anónimo en Florencia que afirmaba que en la luna había montañas:

También hay en la luna montañas de tamaño gigantesco, al igual que en la tierra; o, más bien, mucho mayores, puesto que [incluso] las podemos percibir. Porque es por ellas, y por nada más, que aparecen en la luna pequeñas costras de oscuridad, porque las montañas muy curvadas (como enseñan los perspectivistas) no puede recibir y reflejar la luz del sol como hace el resto de la luna, que es llano y liso⁴⁶⁶.

Cuando Galileo dirigió su telescopio mejorado a la luna en 1609 pudo percibir algo mucho más sorprendente y nada ambiguo que

⁴⁶⁴ Wootton, *Bad Medicine* (2006), 110-138; Wilson, *The Invisible World* (1995); Ruestow, *The Microscope in the Dutch Republic* (1996).

⁴⁶⁵ Plutarco, «The Face of the Moon» (1957), §§21-22, 133-149.

⁴⁶⁶ Kepler, *Kepler's Somnium* (1967); Kepler, *Kepler's Dream* (1965). Véase Ait-Touati, *Fictions of the Cosmos* (2011), 17-44; y Campbell, *Wonder and Science* (1999), 133-143.

las «pequeñas costras de oscuridad» (que presumiblemente eran lo que en la actualidad llamamos «cráteres»). Pudo demostrar que a lo largo del terminator (el límite entre las partes iluminada y oscura de la luna), que sería una línea continua e ininterrumpida si la luna fuera una esfera perfecta, se podían ver marcas oscuras donde tenía que haber luz, y manchas de luz donde tenía que ser oscuro. Estas, argumentaba, eran sombras y áreas iluminadas como las que se encontrarían en una cordillera parcialmente iluminada por el sol naciente. Había confirmado la teoría de Plutarco y, le gustara o no, había reabierto la cuestión de la existencia de otros mundos habitables⁴⁶⁷. Tal como John Donne había escrito en 1624 (quizá con una mirada retrospectiva a Nicolás de Cusa, o a Bruno^{cxiv}):

Los hombres que únicamente se ajustan a la *naturaleza*, están lejos de pensar que haya nada *singular* en este mundo, pues apenas pensarán que el mismo mundo es *singular*, sino que cada *planeta*, y cada *estrella*, es otro *mundo* como este. Encuentran razón en pensar no solo en una *pluralidad* de *especies* en el mundo, sino en una *pluralidad de mundos*⁴⁶⁸.

En *Sidereus nuncius* (1610) Galileo no reconoció deudas excepto para con Copérnico; Plutarco, Nicolás de Cusa, Bruno y Della Porta no merecen ni una mención, lo que le pareció injusto a Kepler (quien evidentemente pensaba que algunas de sus propias

⁴⁶⁷ Citado de Wootton, *Galileo* (2010), 65.

⁴⁶⁸ Kepler, *Kepler's Conversation with Galileo's Sidereal Messenger* (1965), 11, 34-39, 44-45; Campanella a Galileo, 13 de enero de 1611, Galilei, *Le opere* (1890), vol. 11, 21-22.

contribuciones al campo no eran, de hecho, ni irrelevantes ni insignificantes⁴⁶⁹). La astronomía telescópica se presentaba como un comienzo nuevo... lo que de hecho era.

Sucede que Harriot ya había visto exactamente lo que Galileo había observado. Tenemos un esbozo que dibujó el 26 de julio de 1609. Mirándolo, resulta perfectamente claro que el terminador es irregular, pero dicha irregularidad es lo que los científicos de la información denominan «ruido»: no tiene sentido y no transmite información. Tenemos otro bosquejo de Harriot, fechado el 17 de julio de 1610⁴⁷⁰. Esta vez la diferencia estriba en que ahora Harriot había leído el *Sidereus nuncius* de Galileo, que se había publicado en la primavera. Ahora lo que vio era exactamente lo que Galileo había visto. De hecho, parece evidente que lo que hacía era comparar la ilustración de Galileo con lo que él podía ver a través de su telescopio, porque tanto la ilustración de Galileo como la de Harriot presentan una gran protuberancia circular. En realidad, no hay en la luna un objeto tan prominente, y los estudiosos han sugerido que Galileo aumentó deliberadamente un cráter para permitir que el observador, por así decirlo, se concentrara en un rasgo característico⁴⁷¹. Harriot, observando la luna, vio el terminador irregular, las áreas iluminadas y las sombras, las

⁴⁶⁹ Donne, *Devotions Upon Emergent Occasions* (1624), 98-99.

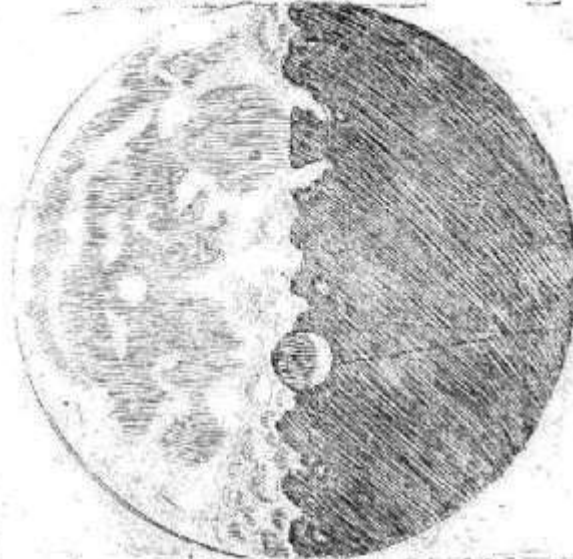
⁴⁷⁰ Kepler, *Kepler's Conversation with Galileo's Sidereal Messenger* (1965), *passim*, pero especialmente 38: «Por lo tanto, Galileo, no escatimarás a nuestros predecesores los elogios que merecen. Lo que informas haber visto con tus propios ojos en fecha muy reciente, ellos lo predijeron, mucho antes que tú, como algo que habría de ser así necesariamente».

⁴⁷¹ Alexander, «Lunar Maps and Coastal Outlines» (1998), 346-347.

cordilleras y los valles que Galileo había descrito... y también se convenció de que veía el cráter imaginario de Galileo. Una vez que Galileo había descrito lo que había visto, una vez que hubo enseñado a los observadores cómo debían mirar, era casi imposible poner en duda que la Luna tenía montañas y valles; pero Galileo pudo comprender lo que veía porque tenía un telescopio mejor que el de Harriot, y porque él (a diferencia de Harriot) estaba acostumbrado a mirar pinturas en perspectiva.

RECENS HABITAE

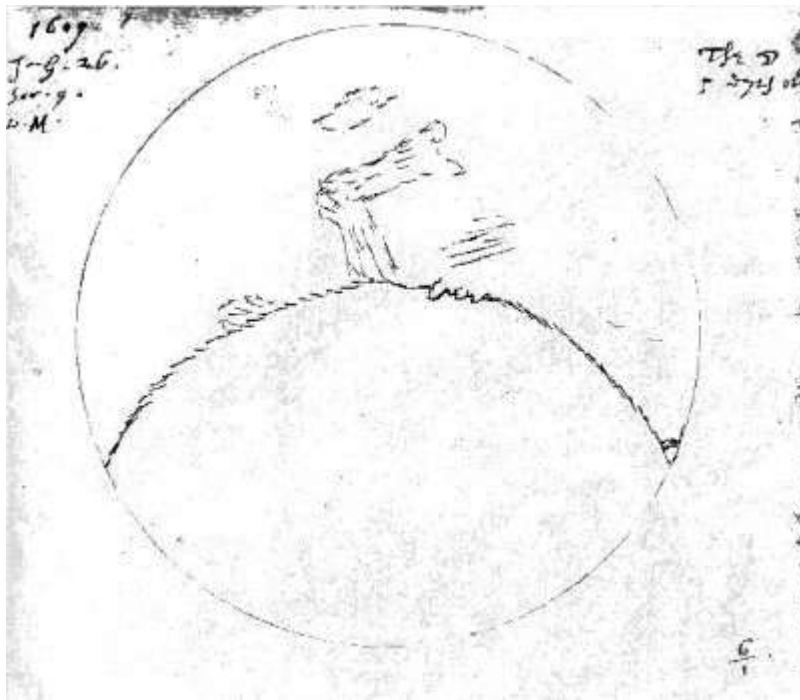
70



Hæc eadem macula ante secundam quadraturam nigrioribus quibusdam terminis circumvallata conspicitur; qui tanquam altissima montium iuga ex parte Soli auersa obscuriores apparent, quæ verò Solem respiciunt lucidiores extant; cuius oppositum in cavitatibus accidit, quarum pars Soli auersa splendens apparet, obscura verò, ac umbrosa, quæ ex parte Solis sita est. Imminuta deinde luminosa superficie, cum primum tota fermè dicta macula tenebris est obducta, clariora montium dorsa eminenter tenebras scandunt. Hanc duplicem apparentiam sequentes figuræ demonstrant.

Una de las ilustraciones de la luna, de Galileo, de Sidereus nuncius (1610). El propósito de Galileo es demostrar que el terminador (la línea entre las caras iluminada y oscura de la luna) no es regular, sino dentada, prueba de que la luna no es una esfera perfecta. A cada lado del terminador se pueden ver sombras (en la cara iluminada) y puntos iluminados (en la cara oscura), exactamente igual que cuando el sol se levanta o se pone sobre una cordillera, las cumbres se iluminan antes que los valles. (Linda Hall Library Images, Linda Hall Library of Science, Engineering & Technology, EE. UU.).

El anónimo autor de 1604 había estado en lo cierto al insistir en que la teoría de la perspectiva proporcionaría la clave para interpretar la imagen de la luna.

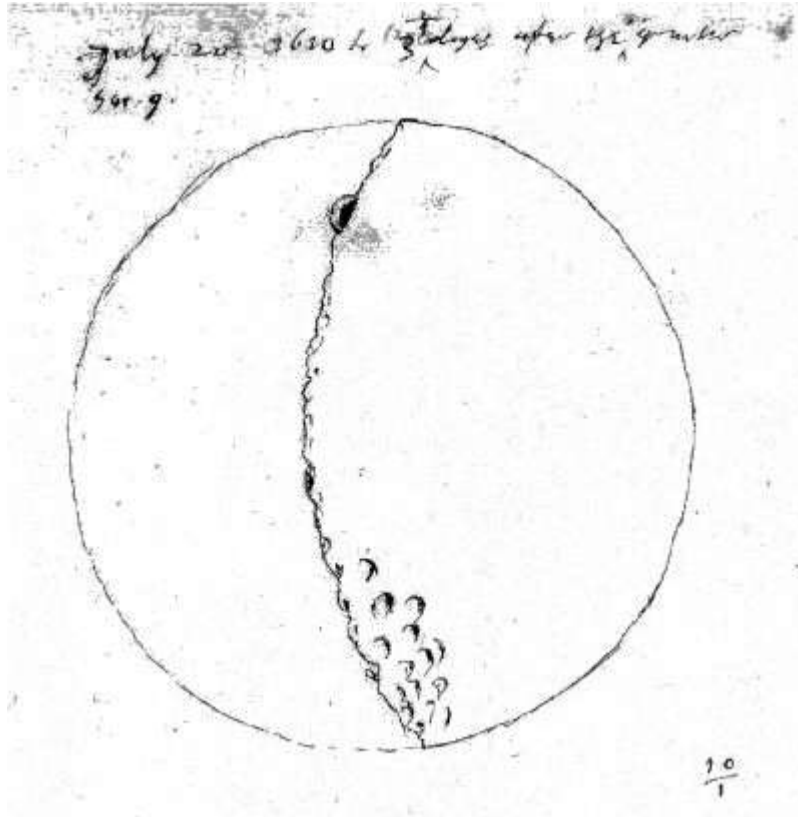


El primer dibujo de Harriot de la luna, según la vio con su telescopio, antes de haber leído a Galileo: Harriot no ha entendido que el patrón de claroscuros puede interpretarse como que en la luna hay montañas y valles, de modo que para él no tiene sentido. (Max Alexander/Lord Egremont/Science Photo Library, Londres).

Después de haber observado la luna, Galileo dirigió su telescopio hacia Júpiter y descubrió que Júpiter tenía lunas. Según la astronomía ptolemaica convencional, todos los cuerpos celestes giraban alrededor de la Tierra; una dificultad con el copernicanismo era que no solo ponía la Tierra en movimiento y el sol en el centro del universo, sino que requería que la luna girara alrededor de la Tierra al mismo tiempo que la Tierra giraba alrededor del sol. Las lunas de Júpiter hicieron que esta disposición fuera bastante menos implausible de lo que había parecido. Ahora Galileo se apresuró a publicar sus descubrimientos, que transformaron la astronomía en el espacio de unos pocos meses: el tiempo que les tomó a otros adquirir telescopios con los que poder corroborar sus hallazgos.

Pero en este relato hay más cosas que las que aparecen a primera vista. Galileo no solo había hecho un descubrimiento notable; empleando su telescopio, había visto algo donde, antes, aparentemente no había nada en absoluto que ver. En el invierno de 1609-1610, Galileo había transformado lo que parecía nada en algo. La idea de que a partir de casi nada se podía recrear el universo entero era claramente ridícula, pero esto era lo que entonces hacía Galileo. La idea de que se pudiera disecar una nigua era también

ridícula en 1610; pero, gracias al microscopio, también esto sería pronto posible.



Dibujo de Harriot de la luna después de haber leído Sidereus nuncius de Galileo: bajo la influencia de este, Harriot dibuja un gran objeto circular que aparece en la ilustración de Galileo pero que en realidad no puede verse en la luna. Una sugerencia es que Galileo aumentó deliberadamente el tamaño de un cráter típico con el fin de resaltar su estructura como se demuestra por las sombras y puntos de luz que en él se ven. Quizá Harriot hizo lo mismo, o bien pudo estar genuinamente convencido de que la estructura estaba allí, puesto que con un buen telescopio solo podría haber visto una parte del disco de

la luna en cada momento. (Max Alexander/Lord Egremont/Science Photo Library, Londres).

Nadie, ni siquiera Galileo, estaba mejor preparado para este nuevo mundo en el que las nadas se convertían en algos que Kepler. Escribió rápidamente una carta a Galileo (que pronto se publicaría en Praga, en Florencia y en Fráncfort como la *Dissertatio cum nuncio sidereo (Conversación con el mensajero sideral)* en la que alababa los descubrimientos de Galileo, aunque otros sospechaban que este contaba mentiras, y Kepler todavía no había confirmado los descubrimientos con sus propios ojos. Quizá, decía, si, como Galileo afirmaba, había montañas en la luna, Bruno había estado parcialmente en lo cierto; quizá la luna estaba habitada, y la vida no estaba confinada a la Tierra. Kepler intentó hacer su propio telescopio, pero no era lo bastante bueno para ver las lunas de Júpiter. El 5 de septiembre consiguió hacerse con un telescopio que Galileo había enviado al elector de Colonia, y finalmente pudo verlas por sí mismo. Kepler había descrito sus copos de nieve como estrellitas; ahora, adondequiera que dirigía su telescopio las encontraba, lo bastante abundantes para constituir una nevasca.

§ 3.

Es fácil suponer que los descubrimientos de que se informa en *Nuncio sidereo* son los más importantes que Galileo hizo con el telescopio. No es así. Parece que poco después de su publicación, Galileo observó por primera vez manchas solares, que podían

considerarse como prueba definitiva de que hay cambio en los cielos, pero al principio no supo cómo interpretarlas; no fue hasta abril de 1611 cuando empezó a llamar la atención de otras personas hacia las manchas solares.

En octubre de 1611, Galileo, que para entonces se había trasladado a Florencia, empezó a observar Venus a través de su telescopio. Su motivación era simple: Venus era un problema tanto para el sistema ptolemaico como para el copernicano, porque, según ambas teorías, su distancia a la Tierra variaba mucho. Según el sistema ptolemaico, se desplazaba siguiendo un largo epiciclo, que a veces lo acercaba y a veces lo alejaba de la Tierra. Según el sistema copernicano, puesto que tanto Venus como la Tierra se desplazaban alrededor del sol, la distancia entre ellas había de alterarse radicalmente: a veces han de encontrarse en lados opuestos del sol, y a veces Venus ha de situarse entre la Tierra y el sol y hallarse, hablando en términos relativos, muy cerca de la Tierra. Pero, aunque Venus es a veces más brillante y a veces menos brillante en el cielo, era difícil ver la variación que una u otra teoría debían predecir. Galileo tenía otro motivo para observar Venus. Había razonado que la luna era un cuerpo opaco, que brillaba únicamente por reflejar la luz del sol. Había explicado el hecho de que la cara oscura de la luna parece a veces brillar con su propia luz fantasmagórica afirmando que la luna era iluminada por luz reflejada de la Tierra; que de la misma manera que en la Tierra vemos la luz de la luna, también en la luna se ve la luz de la Tierra, que allí es mucho más brillante que la luz de la luna aquí. Si Venus

fuera, similarmente, un cuerpo opaco, tendría fases, como la luna. De modo que Galileo quería ver si Venus tenía fases.

Tuvo que haberse dado cuenta desde el principio de que si Venus tenía *realmente* fases, su naturaleza establecería si la astronomía ptolemaica estaba bien fundamentada o no. Los astrónomos ptolemaicos eran incapaces de ponerse de acuerdo sobre si Venus estaba más cerca de la Tierra que el sol. Si Venus estaba más cerca de la Tierra que el sol, sus fases irían desde creciente a mitad y nunca pasarían el punto medio iluminado. Sin embargo, si Venus estaba más lejos de la Tierra que el sol, su tamaño variaría considerablemente a lo largo del tiempo, pero casi siempre sería un círculo completo, y nunca sería mucho menos que esto⁴⁷².

Antes de 1611, la competencia entre las tres explicaciones alternativas del cosmos (la ptolemaica, la copernicana y la ticónica) representa un caso genuino de subdeterminación. En el sistema ptolemaico, o geocéntrico, que había existido durante muchos siglos, las estrellas, el sol, los planetas y la luna giran todos alrededor de la Tierra, pero planetas y sol se mueven también en otros círculos (epiciclos). En el sistema copernicano, o heliocéntrico, que era efectivamente nuevo en 1543, los planetas (uno de los cuales es ahora la Tierra) giran alrededor del sol, pero la luna gira alrededor de la Tierra. En el sistema ticónico, o geoheliocéntrico, inventado como una alternativa al copernicanismo en 1588, los planetas giran alrededor del sol, pero la luna lo hace alrededor de la

⁴⁷² Gingerich y Van Helden, «From Occhiale to Printed Page» (2003), 260-261.

Tierra. Estos tres sistemas son, cuando se articulan completamente, equivalentes desde el punto de vista geométrico, lo que quiere decir que, aunque combinan círculos de manera diferente, producen predicciones idénticas de las posiciones aparentes de los cuerpos en los cielos cuando se observan a simple vista desde la Tierra^{cxcv}. Una combinación ptolemaica de un círculo y un epiciclo para predecir el movimiento de un planeta produce exactamente el mismo resultado que la combinación copernicana de la órbita del planeta con la órbita de la Tierra, y esto produce exactamente el mismo efecto que la combinación de Brahe de la órbita del sol con la órbita de la Tierra (de la misma manera que dar un paso al frente y después dos a la izquierda es equivalente a dar dos pasos a la izquierda y después uno al frente); que es la razón por la que era imposible elegir entre dichos sistemas únicamente sobre la base de la información relacionada con la posición de los planetas en el cielo^{cx cvi}.

Había una opinión generalizada de que debería ser posible construir un cuarto sistema que cumpliera mejor los requerimientos de la filosofía aristotélica: un sistema homocéntrico en el que todos los círculos compartieran un centro común, idealmente la Tierra. A pesar de los esfuerzos de las principales figuras intelectuales, como Regiomontano (1436-1476), Alejandro Achillini y Girolamo Fracastoro (1478-1553), nadie consiguió construir una versión con buen resultado de este sistema: no podía hacerse (como diríamos

ahora) que se ajustara a los hechos^{cxcvii} 473. (Incluso el sistema copernicano no conseguía el homocentrismo, pues la luna giraba alrededor de la Tierra, en lugar de hacerlo alrededor del sol).

Después de que Galileo descubriera las fases de Venus en 1610 y demostrara así que Venus orbitaba alrededor del sol, el sistema ptolemaico dejó de ser viable, aunque todavía era posible aducir que algunos planetas (Mercurio, Venus, Marte) orbitaban alrededor del sol y otros (Saturno, Júpiter) orbitaban alrededor de la Tierra; esta fue la conclusión del *Almagestum novum* («Nuevo almagesto») de Riccioli, de 1651. Ahora solo quedaban dos sistemas supervivientes (o dos y medio), y las personas inteligentes y bien informadas tuvieron dificultades en escoger entre ellos durante otro medio siglo, aproximadamente. Así, entre 1610 y 1710 (pongamos por caso) las teorías cosmológicas eran subdeterminadas, en el sentido de que había al menos dos sistemas a los que se podía defender, pero no indeterminadas, en el sentido de que todos estaban de acuerdo en que los sistemas ptolemaico y homocéntrico eran claramente inviables.

Galileo comenzó a observar Venus en junio de 1610, tan pronto como se alejó lo bastante del sol para hacerse visible. Al principio no había nada interesante que ver, pues Venus era un círculo completo en su telescopio; se hallaba evidentemente en el lado alejado del sol. Pero a principios de octubre se hizo aparente que Venus cambiaba de forma: lentamente, iba pasando a ser un semicírculo. Día a día,

⁴⁷³ Mi discusión aquí y en los párrafos siguientes se basa extensamente en Palmieri, «Galileo and the Discovery of the Phases of Venus» (2001).

Galileo observó este cambio detenidamente. El 11 de diciembre envió a Kepler un mensaje cifrado que, cuando se descodificó, decía: «La madre del amor [es decir, Venus] imita las formas de Cintia [la luna]»⁴⁷⁴. En este momento Galileo sabía que Venus tenía fases (lo que significaba que era un cuerpo opaco que brillaba por la luz reflejada) y que la gama de fases que mostraba era incompatible con la astronomía ptolemaica, que requería que Venus se encontrara siempre *o bien* más alejada de la Tierra que el sol, *o bien* más cerca de la Tierra que el sol. Esperó un poco más hasta estar completamente seguro, y después, el 30 de diciembre, escribió a su pupilo Castelli (que le había preguntado en una carta que Galileo habría recibido el 11 de diciembre —una carta que es evidente que provocó que registrara su descubrimiento con Kepler— si acaso Venus no tendría fases) y al gran matemático Cristóbal Clavio, en Roma, anunciando su descubrimiento. El 1 de enero de 1611 escribió a Kepler, descifrando su mensaje anterior, y Kepler publicó su correspondencia con Galileo en su *Dioptrice* («Dióptrica», 1611⁴⁷⁵).

Clavio y Kepler no debieron tener ninguna dificultad en confirmar de inmediato que Venus tenía fases: todo lo que tenían que hacer era enfocar un telescopio decente en la dirección correcta. Pero un Venus con fases es perfectamente compatible con la astronomía

⁴⁷⁴ Shank, «Mechanical Thinking» (2007), 22-26, sobre Regiomontano; Ragep, «Copernicus and His Islamic Predecessors» (2007), discute la tradición islámica, que caracteriza como un fracaso (71).

⁴⁷⁵ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 10, 483.

ptolemaica; lo que no es compatible es un Venus cuyas fases van de creciente a llena: un tal Venus ha de orbitar alrededor del sol. No es necesario observar la secuencia completa de fases. Todo lo que se necesita es o bien ver que Venus pasa de casi llena a cuarto menguante (como Galileo había visto en diciembre), o bien ver que pasa de creciente a casi cuarto creciente.

Cuando Galileo anunció su descubrimiento, Venus se movía hacia el sol: la conjunción tuvo lugar el 1 de marzo. No había nada interesante que ver, porque todas las fases que tuvieron lugar entre el 1 de enero y el 1 de marzo se repetirían en orden inverso cuando Venus emergiera de la conjunción. El 5 de marzo Galileo anunció su intención de partir hacia Roma; el 19 estaba todavía esperando impaciente una litera que lo llevara y quejándose de que tenía un plazo que cumplir^{cxcviii}. Al cabo de uno o dos días había partido; así, Galileo estaba en Roma cuando los astrónomos jesuitas dirigieron sus telescopios hacia Venus y vieron cómo se desplazaba en un semicírculo. Es probable que durante marzo Clavio hiciera revisiones a una nueva edición de su *Sphere*: registra con detalle los descubrimientos de Galileo hasta la fecha (no menciona las manchas solares, de las que Galileo todavía no le había hablado); menciona las fases de Venus, y dice que los astrónomos tendrán que revisar sus teorías a la vista de estos nuevos hallazgos⁴⁷⁶. Lo que no dice es tan importante como lo que dice: no dice que Venus

⁴⁷⁶ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 10, 409-505, vol. 11, 11-12; Kepler, *Dioptrice* (1611), 11-12; y Kepler, *Dioptrice* (1611), 21-23.

orbita alrededor del sol. De forma parecida, en abril el cardenal Bellarmine preguntó a los astrónomos jesuitas si se habían confirmado los descubrimientos de Galileo. Le dijeron que sí (aunque informaron que Clavio pensaba que sería posible considerar las montañas de la luna como estructuras internas, no externas), e incluyeron las fases de Venus; no hacen mención de que Venus orbite alrededor del sol⁴⁷⁷.

Sin embargo, el 18 de mayo los astrónomos jesuitas montaron una fiesta para Galileo. Odon van Maelcote impartió una conferencia en la que anunció que, aunque todavía no habían visto Venus como un círculo completo (esto no ocurriría hasta pasados algunos meses, pues Venus se acercaba al sol y pasó por detrás del mismo en diciembre de 1611), habían visto lo suficiente para estar seguros de que Venus no giraba alrededor de la Tierra. Los filósofos del público se escandalizaron ante esta afirmación; naturalmente, Galileo estaba entusiasmado por haber sido vindicado y festejado. Para entonces Clavio estaba muy enfermo, y no sabemos qué le pareció esta nueva evidencia⁴⁷⁸.

Es esencial comprender que lo que Maelcote anunció era un hecho eliminador, irrefutable: el modelo ptolemaico en el que todos los planetas (incluidos el sol y la luna) giran alrededor de la Tierra se había demostrado equivocado. Era evidente que Venus se desplazaba alrededor del sol (y esto se haría cada vez más evidente a

⁴⁷⁷ Lattis, *Between Copernicus and Galileo* (1994), 199-202.

⁴⁷⁸ Lattis, *Between Copernicus and Galileo* (1994), 186-193.

medida que los meses avanzaran hacia la siguiente conjunción) y, presumiblemente, también lo hacía Mercurio. Después del 18 de mayo, el sistema ptolemaico, que había sobrevivido durante más de 1400 años, estaba herido de muerte. Ahora la elección era entre el copernicanismo (todos los planetas, incluida la Tierra, giran alrededor del sol); el sistema de Brahe (todos los planetas giran alrededor del sol, y el sol gira alrededor de la Tierra, que permanece estacionaria en el centro del universo); o un compromiso entre Brahe y Ptolomeo, en el que los planetas interiores giran alrededor del sol y los planetas exteriores lo hacen alrededor de la Tierra. Ningún astrónomo competente defendía el sistema ptolemaico tradicional una vez que hubieron oído que Venus tenía un conjunto completo de fases; se tenía que ser un filósofo mal informado para hacerlo. Además, se reconocía de manera general que el sistema ticónico era incompatible con la creencia en esferas celestes sólidas. Ahora, quien quisiera creer en esferas sólidas tendría que imaginar que el sol gira alrededor de la Tierra, un epiciclo sobre un deferente, y entonces que Mercurio y Venus giran alrededor del sol, cortando necesariamente a través de la esfera del sol. No es sorprendente que esto se considerara evidencia adicional contra las esferas sólidas (que Clavio había defendido hasta el final⁴⁷⁹).

⁴⁷⁹ Lattis, *Between Copernicus and Galileo* (1994), 193-195; parece que Lattis no ha entendido que nadie (excepto quizá Galileo) había visto todavía a Venus «como un círculo como la luna llena»; la última conjunción superior había tenido lugar en mayo de 1610, y no volvería a ocurrir de nuevo hasta diciembre de 2011.



Frontispicio del Almagestum novum (1651) de Giovanni Battista Riccioli. En la balanza que sostiene Astrea, la diosa de la justicia, se hallan los dos sistemas del mundo en concurrencia, el de Tycho Brahe y el de Copérnico; Riccioli es uno de los últimos grandes astrónomos que insiste en la superioridad del sistema ticónico. En el suelo, descartado, se halla el sistema ptolemaico, que resultó indefendible cuando Galileo descubrió las fases de Venus, y el propio Ptolomeo está desplomado en el suelo, en segundo término. En la versión de Riccioli del sistema ticónico, Júpiter y Saturno orbitan

alrededor de la Tierra, no del sol. (Universal Images Group /Getty Images).

Según la historia y la filosofía de la ciencia contemporáneas, los hechos eliminadores no existen. Ya hemos visto que la teoría de las dos esferas no pudo sobrevivir al descubrimiento de América; ahora encontramos que la astronomía ptolemaica tradicional no pudo sobrevivir al descubrimiento de las fases de Venus. Así, en agosto de 1611, la matemática anticopernicana Margherita Sarrocchi describió las fases de Venus como una «demostración geométrica de que Venus gira alrededor del sol». El astrónomo jesuita Christoph Grienberger escribió a Galileo desde Roma el 5 de febrero de 1612 para confirmar que los cambios anuales de Venus, «al igual que los cambios mensuales de la luna, demuestran muy claramente que gira alrededor del sol»⁴⁸⁰. Galileo, en su primera carta a Mark Welser sobre las manchas solares, que escribió el 4 de mayo de 1612 (y que se publicó en 1613), dice de las fases de Venus: «Estas no dejarán margen para que nadie dude de que su revolución es alrededor del sol»⁴⁸¹. El 25 de julio de 1612, el adversario de Galileo en la cuestión de las manchas solares, el astrónomo jesuita Christoph Scheiner, escribía a Welser y describía las fases de Venus como un «argumento ineludible»: «Venus gira alrededor del sol: el hombre

⁴⁸⁰ Lattis, *Between Copernicus and Galileo* (1994), 205-216.

⁴⁸¹ Galilei y Scheiner, *On Sunspots* (2008), 173.

prudente apenas se atreverá a dudarlo en el futuro»⁴⁸². Y Galileo escribe en su tercera carta sobre las manchas solares, de fecha 1 de diciembre de 1612, que las fases de Venus «sirven como un argumento único, sólido y fuerte para establecer su revolución alrededor del sol, de modo que no queda ningún margen para la duda»⁴⁸³. Nadie era tan necio como para discutir estas afirmaciones^{CXCIX}.

Es fácil demostrar que la astronomía ptolemaica convencional prosperó hasta 1610 y entró en crisis inmediatamente después: no hay más que observar las publicaciones del manual estándar, la *Sphere*, de Sacrobosco, y de un manual más avanzado, *Theoricae novae planetarum*, de Peurbach. Por ejemplo, incluidas en las figuras de Sacrobosco hay ediciones del *Commentarius*^{CC} de Clavio, que vio quince ediciones entre 1570 y 1611, con una edición final solitaria en 1618. (En comparación, hay solo dos ediciones de *Epitome astronomiae copernicanae*, «Epítome de astronomía copernicana», cuya primera parte se publicó en 1618). Clavio se publicó en Roma, Venecia, Colonia, Lyon y Saint-Gervais. No apareció ningún manual capaz de sustituir a los de Sacrobosco, Peurbach y Clavio por la simple razón de que no se estableció un nuevo consenso en la cuestión de cómo estaba organizado el universo hasta el triunfo final del newtonismo, ya bien avanzado el siglo XVIII, momento en el cual los idiomas vulgares habían

⁴⁸² Galilei y Scheiner, *On Sunspots* (2008), 93.

⁴⁸³ Galilei y Scheiner, *On Sunspots* (2008), 196.

sustituido al latín, de modo que ningún manual podía esperar tener la presencia internacional que aquellos habían tenido.

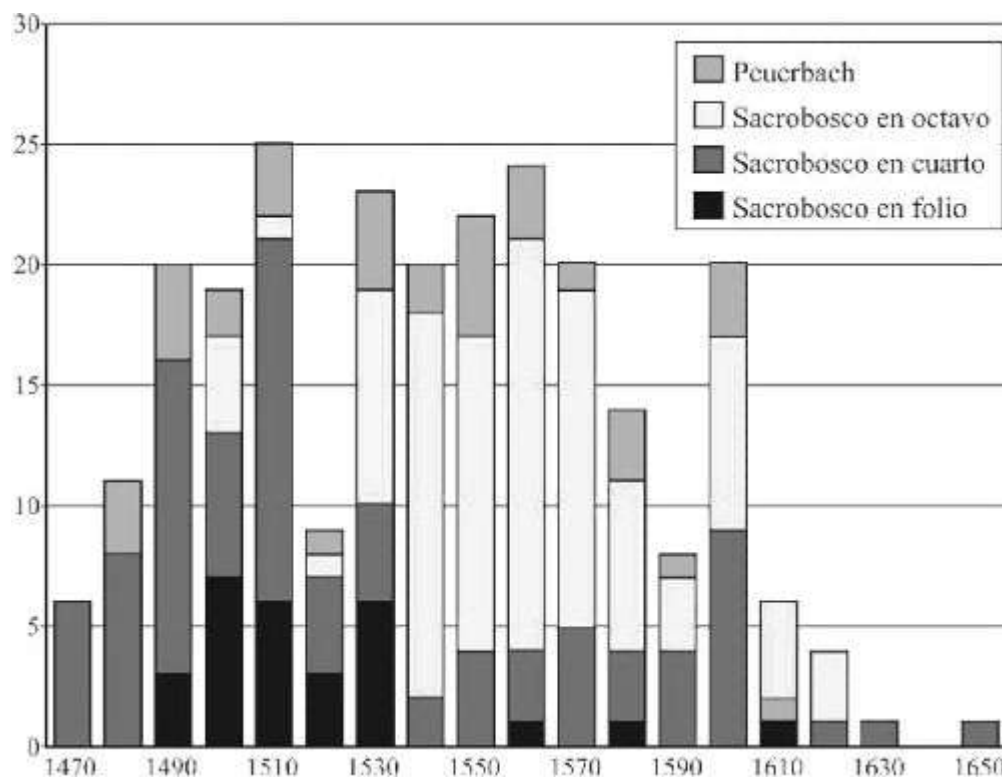
§ 4.

Así, en 1611 no solo se aceptaba de manera general que la luna era un cuerpo bastante parecido a la Tierra, en el sentido que tenía montañas, sino que también Venus se había convertido en un cuerpo opaco como la Tierra y la luna. De ahí se seguía que, si la Tierra estaba habitada, también podían estarlo otros cuerpos celestes; y si Venus brillaba resplandeciente en el cielo sobre la Tierra, también la Tierra debía brillar resplandeciente en el cielo sobre Venus. Los filósofos escolásticos tenían una imaginación fértil y a menudo habían imaginado contemplar la Tierra desde gran distancia, incluso desde las estrellas; pero no habían imaginado que la Tierra brillaría como las estrellas más brillantes.

El telescopio proporciona una forma de viaje espacial; tal como escribió Hooke, una «transmigración en el cielo, aunque mientras tanto permanecemos en la tierra en carne y hueso»⁴⁸⁴. Ahora todos empezaron a imaginar mirar hacia la tierra desde el espacio profundo. Milton imaginaría la Tierra como un «mundo colgante, tan grande como una estrella», y Pascal iría más allá, imaginando lo que sería observar la Tierra desde el espacio más profundo solo para perderla de vista: «un punto imperceptible en el vasto seno de la naturaleza». Esto se convirtió en algo nuevo pero común y corriente.

⁴⁸⁴ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 11, 177; Galilei y Scheiner, *On Sunspots* (2008), 265.

Para Locke, la Tierra no es un punto, sino una mota: «nuestra pequeña mota de Tierra», «esta mota del universo»⁴⁸⁵. La idea de que la Tierra era minúscula comparada con el universo, o que se pudiera imaginar contemplarla desde muy lejos, no era nueva; lo que era nuevo era la expansión de escala que acompañaba a la nueva astronomía, de modo que se podía considerar simultáneamente que la Tierra era una estrella brillante si se la veía desde otro planeta y que era invisible si se la miraba desde el espacio profundo, y la influencia que esta idea de ver la Tierra desde una enorme distancia tuvo sobre la imaginación de las personas cultas^{cci}.



⁴⁸⁵ Hooke, *Micrographia, or, Some Physiological Descriptions of Minute Bodies* (1665), 234.

Esta gráfica muestra el número de ediciones distintas de la Sphere de Sacrobosco (se muestran por separado las ediciones en folio, cuarto y octavo) y de la Theoricae novae planetarum, de Georg von Peurbach, los dos manuales al uso, uno elemental y uno avanzado, para el estudio de la astronomía en las universidades del Renacimiento. Las cifras en la base de los histogramas son el primer año de la década, de manera que 1470 se refiere a la década 1470-1479. Es aparente que la publicación de Copérnico (1543) no tuvo efecto en las ventas de estos libros, pero parece que hubo una caída después del cometa de 1577 y de la publicación del nuevo sistema de Tycho en 1588. Sin embargo, la demanda se restableció por completo en la década de 1600-1609, y no solo para los nuevos comentarios, más complejos, como el de Clavio, publicado en voluminosos cuartos, sino también para las ediciones baratas en octavos. Sin embargo, la demanda se hundió inmediatamente después de los descubrimientos telescópicos de Galileo. A partir de estos indicios parecería que fue el telescopio lo que eliminó a la astronomía ptolemaica. Las publicaciones de Sacrobosco se han tomado de la lista en Jürgen Hamel, Studien zur «Sphaera» des Johannes de Sacrobosco (2014) y la de Peurbach de Worldcat. Estoy en deuda con Owen Gingerich (como siempre) por discutir esta gráfica conmigo y por sugerir que separara las publicaciones de Sacrobosco en función del formato.

El telescopio de Galileo hizo que dos ideas que previamente habían parecido abstractas y teóricas de repente parecieran plausibles y perfectamente realistas: podía haber ciertamente otros mundos

habitados, y el espacio podía ser ciertamente infinito. Una literatura entera se dedicaría pronto a estas ideas⁴⁸⁶. Ya en 1612-1613, John Webster en *The Duchess of Malfi* (*La duquesa de Malfi*) se refiere al telescopio de Galileo que ha hecho visible «otro espacioso mundo en la luna»⁴⁸⁷. En Inglaterra, *The Man in the Moone* (*El hombre en la luna*), la ficción de Francis Godwin, apareció póstumamente en 1638 (la había escrito con posterioridad a 1628) y se tradujo al francés y al alemán. Su relato de un viaje a la luna señala el inicio de la ciencia ficción en inglés⁴⁸⁸. Godwin era obispo y un chiflado; parece que creyó haber inventado la radio⁴⁸⁹. John Wilkins, que también era obispo y posteriormente fundaría la Royal Society, publicó el mismo año su obra de no ficción *The Discovery of a World in the Moon* («El descubrimiento de un mundo en la luna») —en la que indica que quizá un día sea posible viajar hasta la luna, y sugiere que la luna puede estar habitada— y *A Discourse Concerning a New World and Another Planet* («Discurso sobre un nuevo mundo y otro planeta») en 1640 (la primera parte es una reedición del *Discovery* y la segunda una explicación de cómo se sabe ahora, gracias a Copérnico, que nuestro mundo es un planeta⁴⁹⁰). Pero, con mucho, la más importante de estas obras fue *L'Autre Monde: ou les*

⁴⁸⁶ Milton, *Paradise Lost*, libro 2, 1052; Pascal, *Pensées*, n.º 199; y Locke, *An Essay* (1690), 277, 296.

⁴⁸⁷ Ball, *Curiosity* (2012), 215-255; y Cressy, «Early Modern Space Travel» (2006).

⁴⁸⁸ Acto II, escena 4. El texto no se publicó hasta 1623.

⁴⁸⁹ Godwin, *The Man in the Moone* (2009).

⁴⁹⁰ Empson, *Essays on Renaissance Literature* (1993), 220-254; Ait-Touati, *Fictions of the Cosmos* (2011), 45-55; Campbell, *Wonder and Science* (1999), 155-171; y Campbell, «Speedy Messengers» (2011).

États et Empires de la Lune (El otro mundo o los Estados e imperios de la luna), de Cyrano de Bergerac, publicada póstumamente (1657), un relato de un viaje a la luna, seguida poco después por *Les États et Empires du Soleil (Los estados e imperios del sol*⁴⁹¹). Cyrano fue transformado posteriormente en un personaje de ficción por Edmond Rostand, pero el Cyrano real tiene poco en común (aparte de una gran nariz) con el personaje literario. Amante de hombres, no de mujeres, y ateo, utilizaba la estratagema del viaje espacial para criticar todo aquello que no le gustaba del mundo real. Su obra, inevitablemente, tuvo que ser suavizada para su publicación, y no apareció sin censura hasta 1921. Aun así, su libro sobre la luna apareció en al menos diecinueve ediciones en francés y dos en inglés antes del fin del siglo.

La ficción proporcionó un disfraz útil para ideas peligrosas como el ateísmo y el materialismo de Cyrano. Pero a medida que avanzaba el siglo se hizo menos necesario adoptar este disfraz. Pierre Borel publicó *Discours nouveau prouvant la pluralité des mondes: que les astres sont des terres habitées et la terre une estoile, qu'elle est hors du centre du monde dans le troisieme ciel et se tourne devant le soleil qui est fixe, et autres choses très curieuses* («Discurso nuevo que demuestra la pluralidad de los mundos, que los astros son tierras habitadas y la tierra una estrella...») (francés, 1657; inglés, 1658), el primer libro desde Bruno en el que se decía que los

⁴⁹¹ Ait-Touati, *Fictions of the Cosmos* (2011), 56-63; y Chapman, «A World in the Moon - Wilkins and His Lunar Voyage of 1640» (1991).

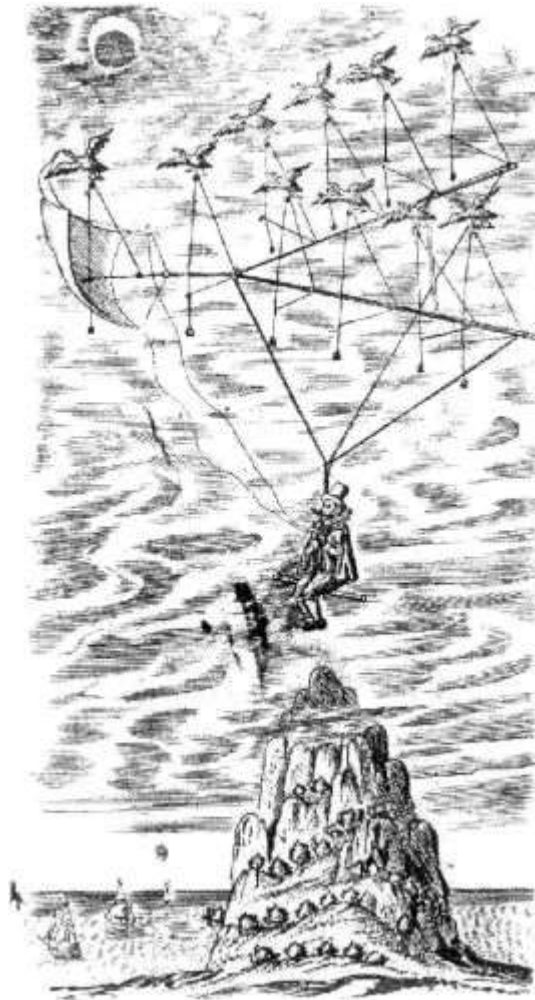
planetas eran mundos habitados. Borel creía que ya habían llegado a la Tierra visitantes del espacio exterior; no hombrecillos verdes, sino las aves del paraíso. Nadie ha encontrado sus nidos, afirma, por lo tanto es evidente que nos visitan desde otro planeta⁴⁹². Influido por Borel, John Flamsteed, el futuro primer astrónomo real, llegó a la conclusión de que todas las estrellas estaban acompañadas por «sistemas de planetas, habitables como nuestra tierra y llenos de criaturas, quizá más obedientes a las leyes de su hacedor que sus [de nuestra Tierra] habitantes»⁴⁹³. La obra de Borel fue seguida por otras dos de ciencia popular. *Entretiens sur la pluralité des mondes*, de Fontenelle, buscaba promulgar la cosmología de Descartes: apareció en al menos veinticinco ediciones francesas entre 1686 y la muerte de Fontenelle en 1757; en el mismo período hubo diez ediciones de dos traducciones al inglés^{ccii}⁴⁹⁴. Le siguió *Cosmotheoros* (1698), de Christiaan Huygens, otra obra póstuma, que apareció en latín, francés e inglés⁴⁹⁵.

⁴⁹² Cyrano de Bergerac, *Les États et empires de la lune et du soleil* (2004); Darmon, *Le Songe libertin* (2004); Ait-Touati, *Fictions of the Cosmos* (2011), 63-71; y Campbell, *Wonder and Science* (1999), 171-180.

⁴⁹³ Borel, *A New Treatise* (1658), 93-94.

⁴⁹⁴ Hunter, «Science and Astrology» (1995), 280-281. Hunter, en sus notas, confunde a Borel (Borellus) con Giovanni Alphonso Borelli (Borellius).

⁴⁹⁵ Fontenelle, *Entretiens sur la pluralité des mondes* (1955); Ait-Touati, *Fictions of the Cosmos* (2011), 79-94; y Campbell, *Wonder and Science* (1999), 143-149.



Frontispicio de The Man in the Moone (1638) de Francis Godwin, publicación póstuma y anónima que puede decirse que es la primera obra de ciencia ficción. El héroe vuela hasta la luna en un vehículo accionado por gansos (cisnes). (Bibliothèque des Arts Decoratifs, París, France/Bridgeman Art Library).



Frontispicio de *A Discourse Concerning a New World* (1640; reimpresso 1648), de John Wilkins. Copérnico y Galileo discuten el sistema copernicano, que se ilustra detrás; al igual que Digges, Wilkins supone que las estrellas están extendidas por un espacio ilimitado. Copérnico presenta sus ideas hipotéticamente; Galileo dice que él las ha confirmado con su telescopio, y Kepler le susurra al oído: «¡Si pudieras confirmarlas volando hasta allí!». (Universal Images Group/Getty Images).

Hacia 1700 toda persona culta estaba familiarizada con la idea de que el universo podía ser infinito y que probablemente existían otros mundos habitados. De hecho, esta idea se había hecho totalmente respetable, de modo que la encontramos como enérgica expresión en las Conferencias Boyle de Richard Bentley contra el ateísmo (1692): ¿Quién negará, que existe una gran multitud de lúcidas estrellas que se hallan incluso más allá del alcance de los mejores telescopios; y que cada estrella visible puede tener planetas opacos que giran a su alrededor, que no podemos descubrir? Ahora bien, si no fueron creados en beneficio nuestro, es cierto y evidente que no fueron hechos por sí mismos. Porque la materia no tiene vida ni percepción, no es consciente de su propia existencia, ni es capaz de felicidad, ni ofrece el sacrificio de alabar y adorar al autor de su ser. Por lo tanto, se deduce que todos los cuerpos fueron formados en beneficio de mentes inteligentes; y como la Tierra fue diseñada principalmente para el ser y servicio y contemplación de los hombres, ¿por qué no pueden todos los demás planetas haber sido creados por los mismos usos, cada uno de ellos para sus propios habitantes que tengan vida y entendimiento? Si algún hombre quiere dedicarse a esta especulación, no tiene por qué discrepar con la religión revelada por esta razón. Las Sagradas Escrituras no le prohíben suponer tanta multitud de sistemas y tan habitados, como le plazca⁴⁹⁶.

⁴⁹⁶ Ait-Touati, *Fictions of the Cosmos* (2011), 95-125.

El resultado fue una sensación relativamente nueva de la insignificancia de los seres humanos^{cciii}. «El hombre es la medida de todas las cosas», había dicho Protágoras (c. 490-420 AEC) y, antaño, esto había sido literalmente cierto. El pie, como unidad de medida, se basa, naturalmente en el pie. Un codo (italiano: *braccio*; francés: *aune*) es la longitud del antebrazo. Una milla son mil pasos romanos. Galeno define calor y frío en el paciente en términos sencillos: un paciente caliente es uno que está más caliente que la mano del médico. En opinión de Galeno, la mano de una persona sana fue diseñada para ser la medida adecuada de caliente y frío, húmedo y seco, blando y duro. En fecha tan tardía como 1701, Newton quería tomar el calor de la sangre como uno de los dos puntos fijos para una escala de temperatura (el punto más bajo sería el de congelación del agua); era uno de los tres puntos fijos en el plan de Daniel Gabriel Fahrenheit, que todavía se usa ampliamente, de 1720, mientras que unos años más tarde John Fowler pensaba que el punto fijo superior debería ser el del agua más caliente que puede resistir una mano inmóvil⁴⁹⁷. El tiempo se medía según un día dividido en veinticuatro horas, pero en la vida ordinaria los períodos cortos de tiempo se medían subjetivamente, en avemarías o padrenuestros: el tiempo que se tardaba en recitar el Dios te salve María y el Padre Nuestro. Solo cuando se trataba del peso, el hombre no era la medida. El hombre solo dejó de ser la medida de todo lo demás con la adopción del sistema métrico en

⁴⁹⁷ Bentley, *The Folly and Unreasonableness of Atheism* (1692), 241-242.

Francia en 1799⁴⁹⁸. La unidad básica de medida (de la que se derivaron volúmenes y pesos) fue el metro, que originalmente se definió como la diezmillonésima parte de la distancia desde el ecuador al Polo Norte. El sistema métrico no hizo más que completar un proceso que había empezado con la invención del telescopio, y que destruyó definitivamente la idea de que el universo estaba hecho a la misma escala que el hombre.

§ 5.

Según el pensamiento cristiano ortodoxo (al menos hasta Pascal), el universo se había hecho para proporcionar un hogar a la humanidad. El sol estaba ahí para proporcionar luz y calor durante el día, la luna y las estrellas luz durante la noche. Había una correspondencia perfecta entre el macrocosmo (el universo en su totalidad) y el microcosmo (el pequeño mundo del cuerpo humano). Ambos estaban hechos el uno para el otro. El pecado original había desbaratado en parte esta organización perfecta, al obligar a los seres humanos a trabajar para sobrevivir; pero la arquitectura original del universo era todavía visible para todos. Se podía invocar al platonismo, con su explicación de la creación del universo por un artesano divino, el demiurgo, para respaldar esta opinión; de hecho, la idea de microcosmo y macrocosmo procedía del neoplatonismo; pero incluso la filosofía aristotélica, que sostenía que el universo era

⁴⁹⁸ Chang, *Inventing Temperature* (2004), 10.

eterno, suponía que los seres humanos poseen todas las facultades requeridas para entender el universo.

Porque el centrarse en los humanos no se había confinado a la medida. Los antiguos griegos conocían las lentes de aumento, y desde el siglo XIII se usaban gafas. Pero las lentes se empleaban para corregir la visión imperfecta, no para ver cosas que no se podían ver por alguien que tuviera buena vista. De nuevo, la suposición era que Dios nos había dado ojos que, cuando estaban sanos, eran lo bastante buenos para nuestros propósitos^{cciv}. Además, los seres humanos estaban hechos a imagen de Dios: una opinión difícilmente compatible con la idea de que sus sentidos eran defectuosos.

En el aproximadamente medio siglo entre 1610 y 1665 esta imagen encantadora del universo como hogar de la humanidad, una extensión del Edén, quedó fatalmente socavada, y con ella la idea de que el hombre es la medida adecuada de todas las cosas. Esta transformación tiene tres componentes distintos pero entrelazados: primero, la humanidad fue desplazada del centro del universo, lo que implicaba la posibilidad de vida inteligente en otras partes; segundo, la correspondencia entre microcosmo y macrocosmo se hizo añicos, de modo que el universo ya no estaba hecho para ajustarse a nuestro derredor; y tercero, el tamaño se hizo relativo y la escala se hizo arbitraria: las estrellas se convirtieron en copos de

nieve y los copos de nieve se convirtieron en estrellas⁴⁹⁹. Esta gran transformación no ha recibido la atención que merecía porque no tiene una etiqueta, y no tiene una etiqueta sobre todo porque se trata de tres transformaciones enrolladas en una sola.

En realidad, las tres tenían una única causa: el telescopio, cuyo impacto era el mismo para quienquiera que mirara a su través. He aquí, por ejemplo, uno de los primeros usos del término «telescopio» en inglés, en un panfleto religioso de la guerra civil inglesa:

Este serio y honesto *Mercury* [es decir, el folleto de noticias] que llega a mis manos, pienso que no sería un gran *error* si le diera el trato que a veces doy incluso a los *frenéticos panfletos* del manicomio; he de confesar que fue para mí una especie de *bálsamo para la vista*, porque anteriormente yo miraba por el lado equivocado de la *perspectiva* [es decir, del telescopio], y las transgresiones de nuestros *itinerantes* galeses, mitigados con el nombre de *santos*, no parecían sino pequeños *átomos* en un gran rayo de sol. Este *libro* es un nuevo *telescopio*: descubre lo que antes no podíamos ver; y las *manchas* en esta *luna* espiritual, son *montañas*⁵⁰⁰.

El telescopio y el microscopio hacen exactamente lo mismo: transforman átomos en montañas y, si se mira por el otro extremo, montañas en átomos. Esta es la Revolución de la Escala, como

⁴⁹⁹ Crease, *World in the Balance* (2011).

⁵⁰⁰ Ait-Touati, *Fictions of the Cosmos* (2011), 139.

podríamos llamarla, por la que, como William Blake escribió en «Auguries of Innocence», se puede «ver un mundo en un grano de arena» o, alternativamente, ver un mundo como un grano de arena. La reflexión clásica sobre esta revolución es el relato *Micromegas*, de Voltaire (1752; el nombre combina los términos griegos para «pequeño» y «grande»), que describe la visita a la Tierra de un gigante de 6 kilómetros de alto procedente de uno de los planetas de Sirio, acompañado de un habitante de Saturno cuyo tamaño es un tercio del anterior^{ccv}. Para ellos, los seres humanos son apenas visibles a simple vista⁵⁰¹.

La Revolución de la Escala no carecía de precedentes. El atomismo de Lucrecio presentaba una imagen de un universo que se disuelve y se vuelve a formar con frecuencia, en el que los procesos de la naturaleza son interacciones entre átomos que son invisibles para nosotros, y en el que sensaciones tales como el olfato y el gusto se descartan como interpretaciones subjetivas causadas por la forma y el movimiento de los átomos. Fue esta familiaridad con el atomismo lo que hizo posible que Bacon, de manera excepcional y clarividente, desestimara los órganos de los sentidos humanos como intrínsecamente defectuosos y a menudo engañosos⁵⁰². Pero si el atomismo sugería la existencia de un mundo invisible de micromecanismos, esto no implicaba la existencia de un mundo invisible de microorganismos. Este mundo lo descubrió el holandés

⁵⁰¹ Griffith, *Mercurius Cambro-Britannicus, or, News from Wales* (1652), prefacio (*2r).

⁵⁰² Voltaire, «*Micromégas*»: *A Study* (1950); pero sobre la fecha de la composición, Barber, «The Genesis of Voltaire's "Micromégas"» (1957).

Antonie van Leeuwenhoek cuando, en 1676, fue el primero que vio seres vivos invisibles a simple vista. El descubrimiento de Van Leeuwenhoek fue recibido inicialmente con escepticismo: Hooke, en Inglaterra, no podía ver nada comparable con su propio microscopio; pero es que utilizaba un microscopio compuesto, no la diminuta cuenta de cristal (un microscopio simple) con el que Van Leeuwenhoek conseguía asombrosos niveles de aumento. Hicieron falta cuatro años para que se confirmara el descubrimiento de Van Leeuwenhoek. El descubrimiento de Galileo de las lunas de Júpiter se había confirmado en cuestión de unos pocos meses.

Los primeros microscopistas pensaban que no había límite a lo que podrían ver. Henry Power, que publicó inmediatamente antes que Hooke, pero cuyo libro tuvo poco impacto porque solo tenía tres ilustraciones, y de mala calidad, pensaba que al final el microscopio podría revelar «los efluvios magnéticos de la calamita, los átomos solares de luz (o *globuli aetherii* del famoso Descartes), las elásticas partículas de aire...»⁵⁰³. Hooke pudo haber esperado realmente ver la base física de la memoria, la «continua cadena de ideas enroscada en el repositorio del cerebro»⁵⁰⁴. En lugar de ello, el microscopio alcanzó un límite con los organismos unicelulares de Van Leeuwenhoek (1676). Hooke había demostrado que el piojo era un animal tan complicado como un lagarto. Van Leeuwenhoek los disecaba, exploraba sus genitales y descubría su esperma. Tales

⁵⁰³ Ball, *Curiosity* (2012), 222.

⁵⁰⁴ Power, *Experimental Philosophy* (1664), prefacio (c2v-c3r).

experiencias crearon la suposición de que los organismos más pequeños de todos eran tan complejos como los mayores de todos, y tenían el mismo tipo de órganos. Lejos de reconocer que los protozoos eran de un carácter diferente a los organismos mayores, el trabajo de Van Leeuwenhoek parecía implicar que eran lo mismo. El tamaño parecía ser irrelevante.

Esta suposición fue muy importante cuando se trató de comprender la reproducción. La opinión general era que toda la vida procedía de un huevo (o al menos toda la vida visible a simple vista; se creía que la vida microscópica se generaba espontáneamente), aunque en realidad nadie había visto un huevo de mamífero. Un contemporáneo de Van Leeuwenhoek, Jan Swammerdam, demostró que las mariposas, que se habían considerado organismos nuevos nacidos de la crisálida, ya estaban presentes dentro de la oruga: sus órganos podían identificarse mediante disección. Marcello Malpighi demostró que las partes del árbol adulto estaban presentes en la semilla⁵⁰⁵. Esto condujo a la doctrina del preformacionismo: el adulto existía completamente formado dentro del huevo. De ahí se seguía, lógicamente, que el huevo ya incluía los huevos de la generación siguiente, que la preformación implicaba preexistencia, y de hecho que Eva había contenido en su interior a todos los futuros seres humanos hasta el final de los tiempos, cada uno de ellos completamente formado dentro de un huevo, dentro de un huevo,

⁵⁰⁵ Ball, *Curiosity* (2012), 318; pero «quizá» es una palabra importante aquí, pues Hooke no menciona en realidad el microscopio en este contexto (Hooke, *The Posthumous Works*, 1705, 140).

dentro de un huevo, y así sucesivamente. Así, el sueño de Pascal de mundos dentro de mundos se convirtió en una teoría seria según la cual todos los individuos humanos ya estaban presentes en los ovarios de Eva (a los que se podría querer añadir todos los humanos que nunca llegaron a nacer: los hijos que las monjas podrían haber tenido si se hubieran casado, por ejemplo⁵⁰⁶).

El ovismo, como se la llamó, nos parece la más fantástica de las teorías. Tenía defectos obvios: por ejemplo, no podía explicar la herencia de características del padre; en 1752 Maupertuis demostró que la polidactilia podía heredarse tanto en la línea masculina como en la femenina. El preformacionismo suponía que nunca se creaba vida nueva, pero en 1741 Abraham Trembley demostró que se puede cortar un pólipo en una docena de fragmentos y que estos se convertirán en una docena de pólipos. Por encima de todo, el ovismo nos parece absolutamente imposible: ¿cómo podían todos los seres humanos que habían existido o que existirán estar contenidos, completamente formados, en los ovarios de Eva? Pero esto no se consideraba en absoluto como un problema grave. La idea de que podría haber mundos dentro de mundos se había hecho enteramente respetable. Solo se abandonó el preformacionismo cuando se estableció la teoría celular en la década de 1830. Solo en este punto resultó evidente que la Revolución de la Escala tenía sus límites, que la idea de mundos dentro de mundos era fantástica, no real.

⁵⁰⁶ Bertoloni Meli, *Mechanism, Experiment, Disease* (2011).

Jonathan Swift lo sabía todo acerca de los descubrimientos de Van Leeuwenhoek cuando escribió en 1733:

*Así, observan los naturalistas, una pulga
tiene pulgas más pequeñas que en ella hacen presa,
y estas tienen pulgas más pequeñas que las muerden;
y así la cosa continúa ad infinitum^{ccvi ccvii}.*

Pero mucho antes de Van Leeuwenhoek, estos animales habían existido en la imaginación de los que habían comprendido todas las implicaciones de la Revolución de la Escala. Cyrano escribe sobre ellos, y Pascal (m. 1662), que hasta donde sabemos nunca miró por un microscopio, y que ciertamente nunca vio la famosa imagen de Hooke de una pulga (publicada en 1665), imaginó que alguien inspeccionaba un ácaro de la sarna:

Démosle un ácaro, con su cuerpo diminuto y sus partes incomparablemente más minúsculas, las patas con sus articulaciones, venas en las patas, sangre en las venas, humores en la sangre, gotas en los humores, vapores en las gotas. Dividiendo de nuevo estas últimas cosas, dejémosle que agote sus poderes de concepción y dejemos que el último objeto al que puede llegar sea ahora el de nuestro discurso. Quizá piense que aquí está el punto más pequeño de la naturaleza. Le dejaré ver en ello un nuevo abismo. Pintaré para él no solo el universo visible, sino todo lo que pueda concebir de la inmensidad de la naturaleza en el seno de este átomo abreviado. Dejémosle que vea aquí una infinidad de universos, cada uno de los cuales tiene su firmamento, sus

planetas, su tierra, en la misma proporción que en el mundo visible; en cada tierra animales, y en el último ácaros, en los que encontrará de nuevo todo lo que los primeros tenían, y encontrará todavía en estos otros la misma cosa sin final y sin cesación⁵⁰⁷.

Borges resume así a Pascal: «No hay átomo en el espacio que no contenga universos; no hay universo que no sea también un átomo. Es lógico pensar (aunque él no lo dice) que se veía a sí mismo multiplicado en ellos, infinitamente»⁵⁰⁸.

Pero, entonces, en todos estos universos interminables, anidados unos dentro de otros, ¿cuál sería el Pascal real? La respuesta es que posiblemente no podríamos decirlo. Esto es muy diferente del mundo de Rabelais. *Pantagruel* (1532) y *Gargantua* (1534) juegan con el cambio de tamaño: por ejemplo, todo un ejército vive dentro de la boca de un gigante. Pero estos son textos pretelescópicos y siempre hay pistas que indican quién tiene un tamaño normal y quién está miniaturizado o agigantado. Los gigantes comen, beben y defecan contra un telón de fondo de un mundo de tamaño normal. En *Los viajes de Gulliver*, en cambio, Swift crea una versión (más modesta) del mundo de Pascal. Cuando Gulliver se encuentra entre los habitantes de Brobdingnag las avispas tiene el tamaño de perdices, y los piojos corresponden exactamente a la ilustración de Hooke:

⁵⁰⁷ Pinto-Correia, *The Ovary of Eve* (1997).

⁵⁰⁸ Pascal, *Pensées* (1958), n.º 72.

P

o

d

í

a

v

e

r

p

e

r

f

e

c

t

a

m

e

n

t

e

l

a

s

p

a

t

a

s

d

e

e

s

t

a

s

s

a

b

a

n

d

i

j

a

s

a

s

i

m

p

l

e

v

i

s

t

a

,

m

u

c

h

o

m

e

j

o

r

q

u

e

l

a

s

d

e

l

p

i

o

j

o

e

u

r

o

p

e

o

a

t

r

a

v

é

s

d

e

u

n

m

i

c

r

o

s

c

o

p

i

o

,

y

s

u

h

o

c

i

c

o

c

o

n

e

l

q

u

e

h

o

z

a

b

a

n

c

o

m

o

c

e

r

d

o

s

.

E

r

a

n

l

o

s

p

r

i

m

e

r

o

s

q

u

e

h

a

b

í

a

c

o

n

t

e

m

p

l

a

d

o

,

y

t

e

n

í

a

q

u

e

h

a

b

e

r

s

i

d

o

l

o

b

a

s

t

a

n

t

e

c

u

r

i

o

s

o

p

a

r

a

d

i

s

e

c

a

r

u

n

o

d

e

e

l

*l
o
s
,
s
i

h
u
b
i
e
r
a

t
e
n
i
d
o

l
o
s*

i

n

s

t

r

u

m

e

n

t

o

s

a

d

e

c

u

a

d

o

s

,

q

u

e

l

a

m

e

n

t

a

b

l

e

m

e

n

t

e

h

a

b

í

a

d

e

j

a

d

o

e

n

e

l

b

a

r

c

o

,

a

u

n

q

u

e

,

e

n

r

e

a

l

i

d

a

d

,

l

a

v

i

s

i

ó

n

f

u

e

t

a

n

n

a

u

s

e

a

b

u

n

d

a

q

u

e

m

e

h

i

z

o

d

a

r

u

n

v

u

e

l

c

o

a

l

e

s

t

ó

m

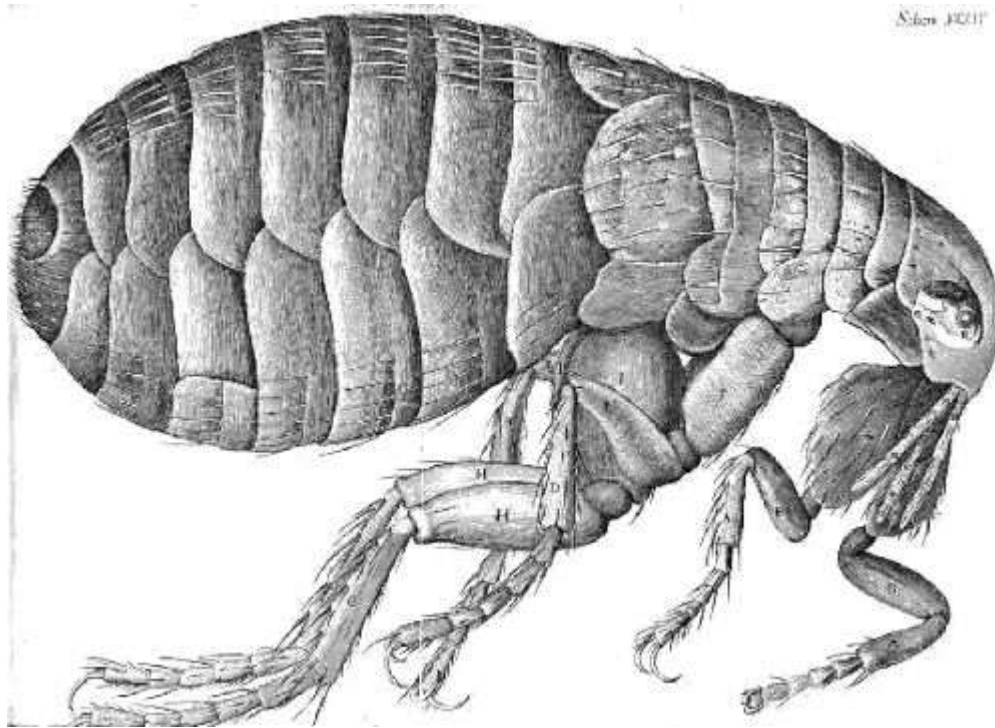
*a**g**o*

509

.

¿Es Gulliver o son los brobdingnagueses los que tienen el tamaño equivocado? Los brobdingnagueses, diríamos nosotros, pero ello se debe únicamente a que sabemos que el tamaño de Gulliver es el nuestro. Swift había leído a Cyrano, y *Los viajes de Gulliver* es una variación ingeniosa sobre los temas de ciencia ficción que para entonces ya eran convencionales, variación en la que los planetas son sustituidos por islas.

⁵⁰⁹ Cyrano de Bergerac, *Les États et empires de la lune et du soleil* (2004), 116-117; Pascal, *Pensées* (1958); y Borges, *Other Inquisitions* (1964), «Pascal», 100. Borges piensa que esta idea ya estaba presente en Anaxágoras, pero esto parece erróneo: véase Vlastos, «Wege und Formen frühgriechischen Denkens, Hermann Fränkel» (1959).



Representación de una pulga según Hooke, de su Micrographia (1665), la primera gran obra de microscopía. (© The Royal Society, Londres).

El mensaje básico que los lectores tenían que extraer de tales textos es que los seres humanos tienen un sentido equivocado de su propia importancia. Cyrano era absolutamente explícito, y atacaba

al insoportable orgullo de la humanidad, que se persuade de que la naturaleza solo ha sido hecha para ellos; como si fuera probable que el sol, un cuerpo enorme, cuatrocientas treinta veces mayor que la Tierra, solo se hubiera encendido para madurar sus nísperos y engordar sus repollos. Por mi parte, me encuentro tan lejos de estar de acuerdo con su insolencia, que creo que los planetas son mundos alrededor del sol, y que las estrellas fijas son

*también soles, que tienen planetas a su alrededor, es decir, mundos, que debido a su pequeñez y a que su luz prestada no puede alcanzarnos, no son discernibles por los hombres de este mundo. Porque, sinceramente, ¿cómo puede imaginarse que estos enormes globos no son más que vastos desiertos, y que el nuestro, porque vivimos en él, ha sido preparado para que habiten en él una docena de niños orgullosos e imbéciles? ¿Cómo es, debe preguntarse, puesto que el sol mide nuestros días y años, que solo ha sido hecho para impedir que nos demos cabezazos contra los muros? No, no, si esta visible deidad brilla sobre el hombre es por accidente, de la misma manera que las antorchas del rey iluminan a un guardia nocturno que camina por la calle...*⁵¹⁰

Así, antes incluso que el microscopio se hubiera dedicado a usos serios, el telescopio creó un sentido vertiginoso de la infinita vastedad del universo y de la insignificancia de los seres humanos cuando se los contemplaba, con el ojo de la mente, desde el espacio exterior. En el universo lucreciano los dioses son indiferentes a los seres humanos, y los seres humanos son una consecuencia accidental de los empujones mutuos y aleatorios que se dan los átomos. La Revolución de la Escala tuvo el efecto de obligar incluso a los que continuaban creyendo en un arquitecto divino a reconocer

⁵¹⁰ Swift, *Gulliver's Travels* (2012), 158-159.

la coherencia de esta opinión. Incluso Kepler y Pascal, que querían pensar en sí mismos como habitantes de un universo hecho por Dios para la salvación del hombre, encontraron que no tenían otra elección que reconocer que el universo era tan vasto, y los organismos más diminutos en él eran tan exquisitamente detallados, que o bien era infinito, o bien podría serlo. «El eterno silencio de estos espacios infinitos me asusta», escribió Pascal⁵¹¹. Les gustara o no, incluso aquellos que insistían en que Bruno se equivocaba cuando describía un universo infinito, se vieron obligados a imaginar cómo sería si acaso estaba en lo cierto.

Además, al expandir nuestro alcance de visión, el telescopio y el microscopio hicieron más fácil reconocer las limitaciones de nuestro aparato sensorial cuando se ve privado de ayudas artificiales. Roberval, el amigo de Pascal, sugirió que los seres humanos perciben la luz, pero que simplemente carecen de los sentidos que necesitarían para descubrir qué es la luz⁵¹²; cuando viaja a la luna, a Cyrano se le dice:

Hay un millón de cosas, quizá, en el universo, que requerirían que tuvierais un millón de órganos diferentes, para comprenderlas. Por ejemplo, por mis sentidos yo conozco la causa de la simpatía, que se halla entre la calamita y el polo, del flujo y reflujo del mar, y qué le ocurre al animal después de la muerte; vosotros no podéis

⁵¹¹ Cyrano de Bergerac, *The Comical History* (1687), 13-14.

⁵¹² Pascal, *Pensées* (1958), n.º 206.

*alcanzar estos conceptos elevados como no sea por la fe, porque son secretos por encima del poder de vuestro intelecto; de la misma forma que un ciego no puede juzgar la belleza de un paisaje, los colores de un cuadro o los tonos de un arco iris...*⁵¹³

Locke estaba de acuerdo: otras criaturas en otros planetas pueden tener sentidos de los que nosotros carecemos, pero no podemos siquiera llegar a imaginar cómo son:

*Quien no se sitúe orgulloso en la cima de todas las cosas, sino que considere la inmensidad de esta estructura, y la gran variedad que puede encontrarse en esta pequeña e insignificante parte de la misma, con la que tiene que tratar, puede pensar que en otras de sus mansiones pueden haber otros seres inteligentes, diferentes, de cuyas facultades tiene poco conocimiento o capacidad de comprensión, como un gusano encerrado en el cajón de un armario no los tiene de los sentidos o la comprensión de un hombre*⁵¹⁴.

¿Qué hace el pobre gusano encerrado en un cajón? Presumiblemente es una carcoma, no una lombriz de tierra, y los muebles de Locke estaban llenos de ellas^{ccviii}.

⁵¹³ Malcolm, «Hobbes and Roberval» (2002), 170. (Malcolm indica que la opinión puede ser tanto de Hobbes como de Roberval).

⁵¹⁴ Locke, *An Essay* (1690), 46.

§ 6.

Podría pensarse que Copérnico fue responsable de la destrucción de la correspondencia entre microcosmo y macrocosmo. Pero esto sería un error. Solo hubo un cambio de escala importante en el universo de Copérnico: era necesario que las estrellas se encontraran a una distancia enorme del Sistema Solar, dado que no había ningún cambio mensurable en su relación entre ellas en el cielo mientras la Tierra orbitaba alrededor del sol en el decurso de un año, y así en consecuencia tienen que ser muy grandes si no han de ser invisibles. Pero el sol y los planetas seguían teniendo el mismo tamaño, y Copérnico continuaba creyendo todavía (según parece) que el universo consistía en esferas anidadas. El universo de Copérnico ya no estaba centrado en la Tierra, pero era todavía amistoso con la Tierra, y no había razón para pensar que no fuera el producto de diseño benevolente. No había nada en este argumento que pudiera implicar que la Tierra era solo otro planeta, o que el universo no hubiera sido creado para el beneficio de los seres humanos. El universo todavía tenía un centro, y el sol y la Tierra eran todavía objetos únicos.

El cambio clave ocurrió en 1608 con la invención del telescopio y del microscopio. Los instrumentos son prótesis para pensar, y actúan como agentes de cambio. Antes de 1608, los instrumentos científicos estándar (cruces geométricas, astrolabios, etcétera) estaban todos diseñados para hacer mediciones a simple vista de grados de un círculo. Incluso los enormes sextantes y cuadrantes

construidos por Tycho Brahe eran simplemente dispositivos de observación ampliados. Estos instrumentos no eran diferentes en principio de los que había usado Ptolomeo, y aunque, haciendo investigaciones de paralaje de cometas y novas, podían usarse para socavar la creencia tradicional en las esferas translúcidas que sostenían los planetas (como todavía había aceptado Copérnico), reforzaban la suposición de que los seres humanos eran los observadores perfectos del cosmos, y el propio cosmos estaba diseñado para soportar la vida humana^{ccix}.

No eran estos los únicos instrumentos de especialistas: los alquimistas tenían un equipo especializado de alambiques, crisoles y retortas, pero estos eran simplemente una variedad de contenedores a los que podía aplicarse calor (con frecuencia se definía a la alquimia como prueba de fuego). No proporcionaban nueva información acerca del lugar de la humanidad en el universo. La imprenta no solo transformó la disseminación del saber sino que también, al hacer que la información visual exacta estuviera ampliamente disponible, provocó una revisión de la idea tradicional de lo que es el conocimiento.

Después de 1608, una nueva gama de instrumentos hizo visible lo invisible. El termómetro (c. 1611) y el barómetro (1643) hicieron posible ver la temperatura y la presión del aire; la primera había sido hasta entonces una sensación subjetiva, mientras que la segunda, en circunstancias normales, es algo de lo que los seres humanos somos totalmente ignorantes. El barómetro y la bomba de aire de Boyle (1660) hicieron posible ver qué ocurría cuando seres

vivos o llamas se sometían a un vacío. Podemos añadir a estos instrumentos los prismas de Newton, que demostraron visualmente por primera vez el hecho de que la luz blanca está constituida por luz de diferentes colores (1672). De modo que hacia finales de siglo había todo un surtido de nuevos instrumentos, pero ninguno de los otros tuvo un impacto comparable al del telescopio: destinado originalmente a servir como una simple herramienta en la guerra y la navegación, transformó no solo la astronomía, sino también la manera en que los seres humanos concebían su propia importancia⁵¹⁵.

§ 7.

En estos dos últimos capítulos hemos estado considerando las maneras en que el cambio intelectual tiene consecuencias colaterales. El descubrimiento de América acabó con la teoría de dos esferas de la Tierra. El copernicanismo condujo a la idea de que los planetas brillan por luz reflejada, lo que fue confirmado por el descubrimiento de las fases de Venus; y esto acabó con el sistema ptolemaico. No había nada arbitrario o contingente acerca de estos cambios; fueron tan inevitables como el descubrimiento de América una vez Colón se hizo a la mar. Estas fueron transformaciones intelectuales de importancia fundamental, pero los historiadores de la ciencia apenas las comentan. Se han convertido, también ellos, en estrellas oscuras: efectivamente invisibles.

⁵¹⁵ Aggiunti, *Oratio de mathematicae laudibus* (1627), 19-20.

¿Por qué? Desde la *Structure* de Kuhn, la historia de la ciencia se ha centrado en la controversia entre científicos⁵¹⁶, con el supuesto de que cada teoría nueva e importante es polémica, y que no hay nada inevitable acerca del proceso por el cual una teoría suplanta a otra. Este enfoque ha sido extraordinariamente esclarecedor. Pero, al dirigir la luz hacia la controversia, ha dejado en las sombras todos aquellos cambios que tuvieron lugar casi silenciosamente y que fueron inevitables; de hecho, en aquella época pudieron verse como inevitables. Nadie (o, mejor dicho, solo unos pocos individuos confusos y mal informados) salió en defensa del sistema de dos esferas después de 1511. Nadie defendió la explicación ptolemaica de Venus después de 1611. En 1624, once años después de que hiciera público su descubrimiento de que Venus tenía un conjunto completo de fases, Galileo podía dar por sentado que ninguna persona competente defendería el sistema ptolemaico^{ccx}. Es fácil encontrar evidencia en apoyo de la afirmación de que fue el telescopio lo que dio la puntilla al sistema ptolemaico, a pesar de la afirmación de Thomas Kuhn de que el copernicanismo ya estaba en auge mucho antes de 1610 y que el telescopio supuso poca diferencia^{ccxi}. Tal como hemos visto, las ediciones del *Sphere* de Sacrobosco, el manual elemental del sistema ptolemaico, y del *Theoricae* de Peurbach, el manual más avanzado, cayeron de golpe después de 1610. La evidencia es clara: la astronomía ptolemaica no fue afectada por Copérnico; entró en crisis con la nueva estrella de

⁵¹⁶ Véase, entre muchos ejemplos, Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 6-7.

1572, pero a finales del siglo XVI se había recuperado por completo. El telescopio, en cambio, produjo su colapso inmediato e irreversible.

A veces se dan controversias reales, vívidas y duraderas en ciencia. En el siglo XVII tales conflictos tuvieron lugar entre los que creían en la posibilidad de un vacío y los que no, entre los que creían en la posibilidad de una Tierra en movimiento y los que no (después de 1613, partidarios de Brahe más que de Ptolomeo). A veces el resultado realmente vacila y cuelga en la cuerda floja. Pero, en otras ocasiones, edificios enormes, bien contruidos, aparentemente robustos desde el punto de vista intelectual son barridos sin apenas un murmullo debido a que, para parafrasear a Vadiano, la experiencia puede ser realmente demostrativa. Si uno se concentra en la controversia, entonces empieza a parecer como si el progreso en ciencia fuera arbitrario e impredecible. Si suponemos que no hay un cambio importante sin controversia, entonces nuestra conjetura inicial nunca se pone a prueba. Parece que la tesis relativista se confirma porque nunca llega a considerarse siquiera la evidencia que la pondría en entredicho. El panorama cambia radicalmente si se considera de manera más amplia el cambio intelectual; entonces la desaparición de la teoría de las dos esferas y la teoría de la estrella oscura aparecen como ejemplos sorprendentes de cambio intelectual que tuvo lugar sin ninguna controversia en absoluto. Pero estas fueron teorías no menores: una la defendían los mejores filósofos de la Edad Media tardía; la otra los copernicanos más inteligentes de finales del siglo XVI. Sencillamente, la importancia

de un cambio intelectual no puede medirse por la cantidad de controversia que genera.

Parte III

La producción de conocimiento

Ninguna teoría del conocimiento debiera intentar explicar por qué tenemos éxito en nuestro intento de explicar cosas ... hay muchos mundos, mundos actuales y posibles, en los que una búsqueda del conocimiento y de regularidades fracasaría.

Karl Popper, Objective Knowledge (1972)⁵¹⁷

La tercera parte contiene los capítulos centrales de este libro. Todos ellos se ocupan del desarrollo de un nuevo lenguaje para pensar, hablar y escribir sobre ciencia. En cada capítulo, las cuestiones sobre el lenguaje están entremezcladas con compromisos directos con la naturaleza por un lado, y con cuestiones conceptuales y filosóficas más generales por el otro. El argumento es simple: el lenguaje que empleamos cuando pensamos sobre cuestiones científicas es casi en su totalidad una construcción del siglo XVII. Dicho lenguaje reflejaba la revolución que la ciencia estaba experimentando, pero también hizo que dicha revolución fuera posible.

⁵¹⁷ Véase, entre muchos ejemplos, Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 6-7.

Capítulo 7

Hechos

Solo los hechos son lo que se desea en la vida.

*Thomas Gradgrind en Tiempos difíciles (1854),
de Charles Dickens*

El hecho solo puede tener una existencia lingüística, como un término en un discurso, y sin embargo es exactamente como si su existencia fuera simplemente la «copia», pura y simplemente, de otra existencia situada en el ámbito extraestructural de lo «real».

*Roland Barthes, «The Discourse of History»
(1967)⁵¹⁸*

... los llamados hechos demostraron que nunca eran simples hechos, independientes de la creencia y la teoría existentes.

*Thomas Kuhn, The Trouble with the Historical
Philosophy of Science (1992)⁵¹⁹*

§ 1.

⁵¹⁸ Barthes, «Le Discours de l'histoire» (1967).

⁵¹⁹ Kuhn, *The Trouble with the Historical Philosophy of Science* (1992), 6; reimpresso en Kuhn, *The Road since Structure* (2000).

Hemos visto que la ciencia del Renacimiento fue más allá de la ciencia griega. Arquímedes gritó «¡Eureka!», pero el Renacimiento inventó el descubrimiento, las disputas de prioridad y la eponimia. Vitruvio describió algo parecido a la pintura en perspectiva, pero el Renacimiento inventó una nueva combinación de subjetividad y objetividad, el observador situado y el punto de fuga. Cicerón pensaba que la cartografía era una rama de la geometría, pero el Renacimiento desarrolló toda una nueva gama de nuevas disciplinas matemáticas y demostró su poder para dar sentido al mundo. Por encima de todo, el Renacimiento reconoció la existencia de hechos eliminadores: hechos que requerían el abandono de teorías bien establecidas. Es evidente que hubo algunos cambios fundamentales antes de 1608, pero en muchos aspectos la ciencia del Renacimiento fue esencialmente una extensión de la ciencia clásica. Regiomontano y Galileo se veían a sí mismos como discípulos de Arquímedes. Se habrían extrañado ante la afirmación de que tenían algo que Arquímedes no tenía (por exacta que dicha afirmación sería para Galileo, y quizá también para Regiomontano). En 1621, Kepler publicó la segunda parte de su *Epitome astronomiae copernicanae*. La describió como «un suplemento a *Sobre los cielos*, de Aristóteles», porque suponía que formaría parte de un programa de educación basado todavía en Aristóteles⁵²⁰. En 1700, este sentido de continuidad había sido destruido: los modernos sabían que eran

⁵²⁰ Kepler, *Epitome of Copernican Astronomy*, libros 4 y 5 (1995), 5.

diferentes de los antiguos. Si hay una cosa que marca esta diferencia, es «el hecho».

Damos tan por sentados los hechos que ha habido pocos intentos de escribir su historia, y ninguno de ellos ha sido satisfactorio⁵²¹. Pero nuestra cultura depende tanto de los hechos como de la gasolina. Es casi imposible imaginar arreglárselas sin hechos, y sin embargo hubo un tiempo en el que los hechos no existían. ¿Qué aspecto tenía el mapa del conocimiento antes de la invención del hecho? Por un lado estaba la verdad, por el otro la opinión; por un lado había el conocimiento, por el otro la experiencia; por un lado había prueba, por el otro persuasión. Opinión, experiencia y persuasión eran de necesidad poco fiables e insatisfactorias; el conocimiento tenía que construirse sobre bases más firmes. La narración del hecho es una narración en la que la forma inferior y poco fiable del conocimiento se transformó por arte de magia en la forma superior y más fiable.

Lo que nos ocupa en este capítulo es lo que el *OED* lista como «hecho» sentido 8a: «Una cosa que ha ocurrido realmente o que es en realidad la cuestión», aunque los diccionarios no distinguen de manera suficientemente clara entre una idea agencial de un hecho

⁵²¹ Las obras principales son: Poovey, *A History of the Modern Fact* (1998); Shapiro, *A Culture of Fact* (2000); y Daston y Park, *Wonders and the Order of Nature* (1998), 215-253. Hay varios ensayos importantes de Daston: «The Factual Sensibility» (1988); «Marvellous Facts and Miraculous Evidence» (1991); «Baconian Facts» (1994); «Strange Facts, Plain Facts» (1996); «The Cold Light of Facts» (1997); «The Language of Strange Facts» (1997); y «Perché i fatti sono brevi?» (2001). Son muy influyentes Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 22-79; y Shapin, *A Social History of Truth* (1994), 193-242.

(algo que ha ocurrido porque alguien lo ha hecho) y una idea impersonal de un hecho (algo que ha ocurrido en el curso de la naturaleza⁵²²). ¿Cómo nos referíamos a este algo antes de que se inventaran los hechos? En griego había el fenómeno, pero los fenómenos eran maleables: se podían «guardar» o «mitigar»; mientras que los hechos son tozudos. En latín había la cosa: *res*⁵²³. Los romanos decían «res ipsa loquitur»^{ccxii}; nosotros decimos «los hechos hablan por sí solos»⁵²⁴. Wittgenstein escribió en el *Tractatus* que «El mundo es la totalidad de hechos, no de cosas». No hay traducción de ello en latín clásico o en inglés isabelino^{ccxiii}. En inglés, antes del hecho había datos o detalles^{ccxiv}. Los fenómenos son demasiado subjetivos: son apariencias, no realidades; las cosas y los detalles están demasiado en el mundo real: ninguno de ellos corresponde a esta mezcla peculiar de realidad y pensamiento que es el hecho. A esta mezcla peculiar se refería Barthes cuando

⁵²² Esto es presumiblemente lo que confundió a Lorraine Daston cuando afirmaba que el uso moderno del término «hecho» es contemporáneo de Bacon. El *OED* proporciona dos usos tempranos de «hecho» bajo definiciones impersonales, pero, en realidad, son usos complementarios. El primer uso impersonal que registra es el de Evelyn, que se discute arriba. Daston y yo también ofrecemos explicaciones diferentes de cómo se origina el establecimiento de hechos: Daston se refiere al establecimiento de hechos extraños y maravillosos (nacimientos monstruosos, por ejemplo), mientras que yo sugiero que Kepler establecía hechos.

⁵²³ Paula Findlen piensa que Plinio el Viejo empleó el término *factum* para referirse a un fragmento concreto de información; así, su *Historia natural* sería el origen del concepto moderno del hecho. Findlen cita a Plinio, *Natural History*, prefacio, 17-18 en la edición de Loeb: Findlen, «Natural History» (2008), 437-438; Plinio, *Natural History* (1938), vol. 1, 12-13. Es este un lapso no característico. El término *factum* no aparece en el fragmento citado, y la palabra que Rackham traduce como «hecho» es, como cabía esperar, *res*.

⁵²⁴ Un ejemplo temprano es Bossuet, *Quakerism A-la-Mode* (1698), 91: «¿Qué propósito tienen sus argumentaciones, cuando hablan las cuestiones de hecho?».

describía los hechos como lingüísticos pero afirmaba que son copias de lo real.

¿Qué es un hecho? Naturalmente, los filósofos no se ponen de acuerdo. Mi tema es lo que los filósofos llaman «hechos humeanos». Según Hume, «Todos los objetos de la razón o indagación humanas pueden dividirse naturalmente en dos tipos, a saber, *relaciones de ideas* y *hechos*. Del primer tipo son las ciencias de la *geometría*, el *álgebra* y la *aritmética*, [que se pueden] descubrir por la simple operación del pensamiento. Los hechos, que son el segundo objeto de la razón humana, no se verifican de la misma manera; ni tampoco es nuestra evidencia de su verdad, por grande que sea, de una naturaleza parecida a la precedente»⁵²⁵. Las relaciones de ideas tratan de asuntos que son ciertos por definición o por necesidad, como que $2 + 2 = 4$, o que ningún soltero está casado. Los hechos tratan de asuntos que son ciertos de manera contingente, es decir, aspectos que podrían ser de otra manera (como que la Tierra solo tiene una luna, o que yo nací en enero). Las relaciones de ideas son puramente lógicas; nuestro conocimiento de las cuestiones contingentes, o hechos, depende de la evidencia: testimonio, experiencia, documentos.

En el lenguaje ordinario, en nuestra cultura ignoramos a menudo esta distinción entre relaciones de ideas y hechos, de modo que yo podría decir que hay un hecho que es que el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos

⁵²⁵ Hume, *Philosophical Essays* (1748), 47 (primera indagación, parte 4, sección 1).

lados. En realidad, debido a que todos los hechos son, por definición, ciertos, tendemos a creer que todas las verdades son hechos. Pero, para Hume y para quienquiera que escribiera sobre hechos en el siglo XVII, la relación no es recíproca; el teorema de Pitágoras no es un hecho sino una deducción (a menos que yo haya medido los cuadrados de un triángulo concreto). Debería ser inmediatamente aparente que en una cultura en la que la experiencia estaba tomando un nuevo significado, el término «hecho» era inestimable, porque identificaba este tipo de conocimiento que se basa en la experiencia. Y también debería ser aparente que la distinción entre los dos tipos de conocimiento tenía un significado muy diferente en un mundo en el que había dos aproximaciones en conflicto al conocimiento: el aristotelismo, por un lado, que se basa ante todo en relaciones de ideas; y la ciencia experimental, por el otro, que se basa primariamente en hechos... y los intelectuales se hallaban presionados para elegir entre ellos. Hume, al distinguir entre relaciones de ideas y hechos, recapitula el conflicto intelectual fundamental que dio origen a la Revolución Científica.

¿Qué es un hecho? Es una especie de palo de triunfo en un juego de cartas intelectual. Si jugamos a Piedra, papel, tijeras, nunca podemos estar seguros de quién ganará. La vida intelectual era un poco así cuando se inventó el hecho: algunos pensaban que la razón ganaría; algunos que la autoridad (en particular cuando se trataba de cuestiones de fe), y todavía otros querían basarse en la experiencia o el experimento. Pero cuando los hechos entraron en

juego todo cambió, porque no es posible discutir con los hechos: siempre ganan. Los hechos son un recurso lingüístico que asegura que la experiencia siempre gana a la autoridad y a la razón. Tal como Hume reconoció, «no hay razonamiento frente al hecho»⁵²⁶. Las citas que elige el *OED* para ilustrar el significado del término cuentan su propia historia: «Los hechos son tozudos» (1749); «Los hechos son más poderosos que los argumentos» (1782); «Un hecho destruye esta ficción» (1836).

Tenemos un atisbo de cómo era el mundo antes del hecho al leer un libro que intenta hablar acerca de hechos sin tener el término ni tampoco el concepto: *Pseudodoxia epidemica (Sobre errores vulgares)*, de Thomas Browne (1646). La aspiración de Browne es librar al mundo de falsas creencias (como la idea de que los elefantes no tienen rodillas, o la afirmación de que los castores, cuando huyen de los cazadores, se muerden los propios testículos), pero al hacerlo se compara con David al enfrentarse a Goliat: «A menudo nos vemos obligados a plantarnos solos frente a la fuerza de la opinión; y a enfrentarnos al Goliat, el gigante de la autoridad, con despreciables guijarros y argumentos débiles, extraídos de nuestras propias recetas y escasas existencias»⁵²⁷. Browne vivía en un mundo en el que lo que llamaríamos hechos parecían impotentes cuando se enfrentaban a la autoridad. Creía que la razón, la opinión y la autoridad deberían ceder terreno ante la experiencia, pero

⁵²⁶ Hume, *Political Discourses* (1752), 211 («Of the Populousness of Ancient Nations»).

⁵²⁷ Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), a5r («To the Reader»).

carecía del lenguaje con el que expresar esta sencilla idea. No podía decir, como hizo Hume y hacemos nosotros, que no se puede discutir con los hechos.

Damos tan por sentados los hechos que nos resulta sorprendente descubrir que son una invención moderna. No hay una palabra en griego o latín clásicos para un hecho, y no hay manera de traducir a estas lenguas las frases del *OED* citadas anteriormente. Los griegos escribían de *to hoti*, «lo que es», y los filósofos escolásticos preguntaban *an sit*, «si es». Pero hay mucho margen para discutir con declaraciones de «es», y difícilmente se las podría describir como tozudas o poderosas. Desde luego, las palabras y las cosas no siempre son idénticas: se puede tener la idea de un hecho, o un procedimiento para establecer hechos, sin la palabra «hecho»; en realidad, en breve argumentaré que hay una distinción importante entre establecer el hecho y el lenguaje del hecho. Ya he dicho que los viajes de Vespucio produjeron hechos eliminadores... pero no hay ningún término que corresponda a «hecho» en los textos de Vespucio, ni en los idiomas originales (*Mundus novus* se publicó en latín en 1503; la *Lettera* («Carta») en italiano en 1505), ni en las numerosas traducciones iniciales.

En latín, el término que se traduce con más frecuencia por «hecho» por parte de los traductores modernos es *res* (cosa). Pero las cosas y los hechos no son lo mismo. Una cosa existe sin palabras, pero un hecho es una declaración, un término en un discurso. Las cosas no son ciertas, pero los hechos sí. Cosas y hechos no son lo mismo. No obstante, tratamos los hechos como si fueran equivalentes a las

cosas, y las definiciones de diccionario de «hecho» oscilan entre definir los hechos como cosas y definirlos como creencias verdaderas. Así, según el *American College Dictionary*, un hecho es «algo que existe realmente; realidad» y también, o alternativamente, «una verdad que se sabe por experiencia u observación real; algo que se sabe que es cierto»⁵²⁸. Así, nuestra comprensión de los hechos tiene dos caras, como Jano: en un momento los consideramos como cosas, la realidad misma; en el siguiente son creencias verdaderas, declaraciones sobre la realidad. El resultado es que la gramática del hecho es profundamente problemática. En la medida en que los hechos son reales, no son verdaderos o falsos; en la medida en que son declaraciones, lo son. Sería un error pensar que se puede resolver esta contradicción: toda la cuestión del hecho es que habita en dos mundos y reclama lo mejor de ambos. Es precisamente esta cualidad lo que hace de los hechos la materia prima de la ciencia, porque también la ciencia es una amalgama peculiar de lo real y lo cultural. Los hechos y la ciencia están hechos los unos para la otra⁵²⁹.

Los hechos no son solo verdaderos o falsos; pueden ser confirmados apelando a la evidencia. La declaración «Yo creo en Dios» es verdadera o falsa, pero solo yo puedo saberlo con seguridad, porque se refiere a un estado mental puramente interno; es intrínsecamente subjetivo. Si practico determinadas observancias religiosas,

⁵²⁸ Barnhart, *The American College Dictionary* (1959).

⁵²⁹ Latour, «The Force and the Reason of Experiment» (1990), 63-65.

entonces hay base para pensar que la declaración es verdadera, pero es difícil ver de qué manera se podría llegar a probar. Hay personas que siguen practicando observancias religiosas aunque su fe los ha abandonado (temporalmente, esperan). Pero yo puedo probar que he sido bautizado o que me he casado: estos son hechos documentados. Son situaciones objetivas.

Un filósofo contemporáneo ha distinguido entre tres tipos de hechos: hechos brutos, hechos dependientes del lenguaje y hechos institucionales. Veamos algunos de sus ejemplos:

1. «El monte Everest tiene nieve y hielo cerca de su cumbre». Esto es objetivamente verdadero o falso, y no depende de mi lenguaje ni de mi experiencia subjetiva (aunque, desde luego, necesito un vocabulario adecuado para comunicar esta verdad a otra persona). Es un hecho bruto.
2. Hoy es jueves, 6 de junio de 2013. Esto es cierto, pero depende de una convención para numerar los años y numerar y dar nombre a meses y días. Es un hecho dependiente del lenguaje.
3. Este es un billete de diez libras esterlinas. Esto solo es cierto porque este pedazo de papel ha sido emitido por el Banco de Inglaterra y corresponde a la forma aprobada. Es un hecho institucional. Gran parte de la realidad social consiste en hechos institucionales: la propiedad, por ejemplo, o el matrimonio⁵³⁰.

⁵³⁰ Searle, *The Construction of Social Reality* (1995), 1-30, 121.

Estas categorías implican que encontramos que el monte Everest está cubierto de nieve; que hacemos que hoy sea jueves; y que el banco decreta que este es dinero de uso legal. De modo que algunos hechos se encuentran, otros se hacen y algunos se decretan. Nada podría ser más claro... excepto que nunca hablamos de encontrar, hacer o decretar hechos; en cambio, «establecemos hechos»^{CCXV}. He podido seguir la pista de la frase hasta 1725 y, desde luego, su gran ventaja es que «establecer» comparte la ambivalencia del concepto de un hecho: podemos establecer que esto y aquello es el caso, establecer un campamento base y establecer un negocio: se aplica a palabras, actos y cosas.

Este no es el único problema con esta clasificación. El conocimiento europeo del monte Everest depende de una larga historia de descubrimiento, exploración, agrimensura y cartografía. En 1855, un levantamiento topográfico trigonométrico de la India midió que una montaña marcada como pico XV tenía 8840 metros de altitud (aquí «altitud» significa sobre del nivel del mar, aunque doscientos años antes era posible creer que los océanos eran más altos que las montañas más altas). En 1865 esta montaña fue bautizada oficialmente por la Royal Geographic Society. De modo que cuando digo que hay nieve en la cima del monte Everest, me baso en un conocimiento compartido de que hay un lugar que nos hemos puesto de acuerdo en llamar monte Everest, que dicho lugar es una montaña muy alta, y que por lo tanto no es en absoluto sorprendente que haya nieve y hielo cerca de su cumbre. Este hecho «bruto» se ha convertido en un hecho bruto para nosotros; pero esto

es debido a que el proceso por el que la montaña fue descubierta, medida, nombrada y se hizo famosa se ha hecho invisible para nosotros. De hecho, monte Everest es en sí misma una entidad dependiente del lenguaje y definida institucionalmente. Hacer que las declaraciones sobre el monte Everest sean compartibles implica algo más que únicamente encontrar una montaña cubierta de nieve: implica crear un lenguaje compartido^{ccxvi}. «El pico XV tiene nieve y hielo cerca de su cumbre» habría sido una afirmación igualmente cierta, pero que solo habría tenido sentido para un pequeño grupo de agrimensores y cartógrafos; para todos los demás habría carecido de sentido.

O tomemos la fecha de hoy. Esto no es solo una convención lingüística. Se trata de un hecho institucional porque los contratos dependen de la interpretación de las fechas. En Gran Bretaña y en el imperio británico, el calendario gregoriano, el calendario que utilizamos ahora, se introdujo por ley en 1752. El día siguiente al miércoles 2 de septiembre de 1752 fue el jueves 14 de septiembre. En la mayor parte de la Europa continental, el miércoles 2 de septiembre (al estilo británico) ya era el 13 de septiembre. Al mismo tiempo que se cambió la fecha, el inicio del año se trasladó del 25 de marzo al 1 de enero, de manera que los días entre el 1 de enero y el 24 de marzo de 1752 nunca existieron. Las fechas no solo reciben nombre; al igual que el dinero, son decretadas.

El proceso social y tecnológico por el que establecemos hechos se hace invisible para nosotros porque lo naturalizamos. Los hechos que dependen del lenguaje y los institucionales acaban por

parecernos hechos brutos: esto es cierto de las instituciones sociales, como el dinero, pero es incluso más así para declaraciones acerca del mundo natural que, en realidad, dependen de la teoría: hemos naturalizado la idea de que la altura de las montañas debe medirse desde el nivel del mar, una idea que no hubiera tenido sentido en la Edad Media. Un par más de ejemplos lo dejarán claro. Sé mi fecha de nacimiento: mis padres me la dijeron, está registrada en mi partida de nacimiento, en mi carnet de conducir, mi pasaporte y en todo tipo de registros oficiales. Es un hecho objetivo verdadero, y si tuviera una apoplejía y olvidara mi fecha de nacimiento la podría establecer sin ninguna dificultad. Sin embargo, no sé la fecha de nacimiento de Shakespeare. Probablemente él nunca supo su fecha de nacimiento. El único registro oficial nos dice la fecha en que fue bautizado.

El lector puede pensar que, desde luego, Shakespeare tuvo que haber conocido su propia fecha de nacimiento, aunque nosotros no la sepamos. El lector se equivocaría. En 1608 Galileo intercambiaba correspondencia con Cristina de Lorena, la esposa de Fernando I, gran duque de Toscana. Cristina quería que se elaborara el horóscopo de Fernando, pero no estaba segura de cuándo había nacido y ofrecía dos fechas alternativas separadas por más de un año: el 19 de julio de 1548 y el 30 de julio de 1549⁵³¹. Galileo tuvo que preparar dos horóscopos, deducir cuál parecía mejor para que encajara en la vida de Fernando hasta entonces, y así decidir su

⁵³¹ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 10, 226-227.

fecha de nacimiento y a partir de ahí predecir su futuro. He aquí un gran príncipe (originalmente un hijo menor, es cierto, y por ello no se esperaba que heredase) acerca de cuyo años de nacimiento, por no hablar ya del día, había una duda genuina. Todos sabemos la fecha en que nacimos no porque haya nada natural o incluso normal en dicho conocimiento, sino simplemente porque vivimos en un mundo en el que tal conocimiento se ha institucionalizado.

Cuando Marin Mersenne, un fraile y matemático en París, leyó el *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano*, de Galileo (1632), encontró mediciones de la velocidad relativa de los cuerpos que caían expresados en *braccia*, brazos, o codos, la unidad italiana estándar de medida^{ccxvii}. Pero ¿cómo era de largo el *braccio* de Galileo? Mersenne le escribió, preguntándose, pero nunca obtuvo respuesta. Unos años después, hallándose en Roma, buscó una tienda que vendiera reglas de medir y adquirió un *braccio* florentino. Después, comprobó las mediciones de Galileo y decidió que estaban equivocadas⁵³². Pero ¿hizo Galileo sus mediciones en Florencia o en una etapa anterior de su vida, en Venecia? El *braccio* veneciano era más largo que el florentino, lo que habría hecho que las mediciones de Galileo fueran mucho más exactas. Con toda probabilidad, a Galileo no le preocupaba producir mediciones absolutamente precisas, simplemente porque sabía que en Roma, en Venecia, en Florencia y en París se usaban unidades de medición diferentes; la precisión no tenía sentido cuando las

⁵³² Véase abajo, p. 366.

unidades de medida eran locales. De hecho, en Florencia y en Venecia se utilizaban dos *braccia* diferentes para fines distintos. Así, es verdad decir que Galileo efectuó mediciones en relación con cuerpos que caían; pero no consiguió transformar estas mediciones en hechos, en lo que a Mersenne se refería, porque las mediciones dependían del lenguaje y, detrás de las diferencias lingüísticas había decretos institucionales: la longitud de un *braccio* florentino estaba determinada por el estado florentino para asegurar que los comerciantes no engañaran a sus clientes. Lo que parece un hecho bruto (la distancia que un cuerpo cae en un determinado período de tiempo) resulta depender en parte del lenguaje y las instituciones. Mersenne quería evaluar las afirmaciones de Galileo yendo directamente a los hechos; esto no resultó en absoluto claro, porque establecer hechos depende de instrumentos, incluso de instrumentos tan sencillos como reglas de medir, que tienen que estar estandarizados⁵³³.

Vivimos en sociedades que producen hechos en masa: los paquetes llevan indicaciones con su peso, las señales de tráfico nos indican distancias y, en algunos países, el número de habitantes de las poblaciones por las que pasamos. No solo los producimos en masa, los distribuimos de manera tan eficiente como distribuimos el correo: los estados de cuentas de las compañías de suministros me dicen cuánta electricidad he usado; mis estados de cuentas bancarios me dicen cuánto dinero tengo para gastar. Antes de la

⁵³³ Wootton, «Accuracy and Galileo» (2010).

Revolución Científica, los hechos eran pocos y muy espaciados: eran hechos a mano, confeccionados a medida en lugar de ser producidos en masa, se distribuían de manera deficiente y a menudo eran poco fiables. Por ejemplo, nadie sabía cuál era la población de Gran Bretaña hasta el primer censo de 1801; el primer intento serio de hacer una estima lo hizo Gregory King en 1696; antes que él, John Graunt había estimado la población de Londres en 1661. Antes de eso, los números no eran en absoluto dignos de confianza, y nadie se preocupaba de producir cifras de población para países enteros. En 1752 David Hume publicó un ensayo, «Of the Populousness of Ancient Nations», que indicaba que los números que encontramos en los textos clásicos no tenían sentido⁵³⁴. Así, según Diodoro Sículo, que escribía en el siglo I AEC, la ciudad de Síbaris en 510 AEC podía desplegar un ejército de 300 000 hombres libres; añádanse mujeres, niños, ancianos y esclavos y Síbaris era aparentemente muchísimo mayor que Londres en la época en que Hume escribía (una población total de aproximadamente 700 000, según estimas modernas). Lo mismo ocurría con Agrigento que, según Diógenes Laercio tenía en el siglo III una población de 800 000. Pero estas eran solo ciudades menores en su época, mientras que Londres era la mayor capital

⁵³⁴ Hume, *Political Discourses* (1752), 155-261. Para dos ejemplos de intentos excepcionalmente tempranos de precisión estadística, véase la *Cronica* de Giovanni Villani para 1338 (que se discute en Biller, *Measure of Multitude* (2000), 406-414), y la contribución de Giovanni Botero a Tolomei, Guicciardini y otros, *Tre discorsi appartenenti alla grandezza delle città* (1588); la edición moderna más reciente es Botero, *On the Causes of the Greatness and Magnificence of Cities, 1588* (2012).

comercial que el mundo había visto. El ensayo de Hume señala un cambio intelectual porque espera que los números sean precisos; nadie antes de 1650, aproximadamente, se quejó de que los números de Diodoro Sículo o de Diógenes Laercio no fueran fidedignos, porque no esperaban otra cosa y sus propios números eran igualmente poco fiables.

No fue solo la ciencia la que hizo este nuevo mundo, también fue el estado, atareado como estaba cobrando impuestos a los ciudadanos y poniendo ejércitos sobre el terreno. El mercado de valores necesitaba cifras para los beneficios y las pérdidas, capital y facturación. Pero los estados habían hecho todas estas cosas durante miles de años sin tener los números correctos. Los comerciantes habían estado haciendo dinero y perdiéndolo desde tiempo inmemorial. La idea que cifras precisas podían suponer una diferencia fundamental empezó con la contabilidad de doble entrada en el siglo XIII; después se extendió a las ciencias, y posteriormente desde la contabilidad y la ciencia hasta el gobierno.

En 1662, por ejemplo, John Graunt publicó el número de personas que morían en Londres, la causa de la muerte y su estima de la edad de la muerte. A partir de estos datos produjo los primeros cálculos de la esperanza de vida para los diferentes grupos de edad, y con ello las primeras cifras fiables que podían proporcionar una base para poner precio a los seguros de vida. Graunt vivía en un nuevo mundo de precisión estadística. Fue de los científicos, de hombres como William Petty, un miembro de la primera generación de la Royal Society, que llevó a cabo varios estudios en Irlanda, que

Gregory King, un administrador del gobierno, en efecto un contable, adquirió las herramientas conceptuales que le permitieron calcular (de manera muy aproximada) lo que llamaríamos el Producto Interior Bruto de Gran Bretaña y Francia en 1696, con el fin de deducir qué país tenía los mayores recursos para ganar la guerra en la que estaban enzarzadas. (La empresa de King implicaba calcular no solo el número de seres humanos y sus ingresos sujetos a impuestos, sino también las poblaciones de vacas, ovejas y conejos).⁵³⁵ Tenemos algo que griegos y romanos no tenían, que son hechos fidedignos y estadísticas precisas, y en la medida que están relacionados con algo más que los asuntos de una empresa comercial concreta, se remontan a la Revolución Científica del siglo XVII.

Al insistir en que los hechos son «establecidos», y que hay que aprender cómo establecerlos, no quiero dar a entender que sean subjetivos o culturalmente relativos. El Everest estaba tan cubierto de nieve y era tan alto antes de recibir su nombre en 1865 como después de ser bautizado, pero encontrar y compartir hechos acerca del Everest requería un proceso de darle nombre, un proceso de medición, un proceso de cartografía.

⁵³⁵ McCormick, *William Petty* (2009); Holmes, «Gregory King» (1977); Slack, «Measuring the National Wealth in Seventeenth-century England» (2004); y Slack, «Government and Information in Seventeenth-century England» (2004).

THE TABLE OF CASUALTIES

Tabla de mortalidad de Graunt, de sus Natural and Political Observations (1662). Graunt compiló estadísticas del número de nacimientos y muertes en cada año, y de las causas de muerte, a partir de las listas anuales de mortalidad que se publicaban en Londres. Utilizó estos datos para calcular la esperanza de vida para cada grupo de edad, y para estimar la población de Londres, que concluyó que era de 460 000 habitantes, y no, como se había afirmado, de unos siete millones. (© The British Library Board, Londres).

El Everest estaba allí antes de 1865, pero no había hechos acerca del Everest antes de 1865. Los hechos acerca del Everest se establecieron, y esto implicó un triple proceso de encontrar, hacer y decretar.

§ 2.

Así pues, volvamos al asunto con un ejemplo concreto de establecimiento de hechos (y dejemos de lado por el momento el anacronismo implícito en usar el término «hecho» cuando se describan las actividades de personas que todavía no tenían el término). En la noche del 19 de febrero de 1604, en Praga, Johannes Kepler se encontraba fuera, midiendo la posición de Marte en el cielo con un instrumento de metal denominado cuadrante⁵³⁶. El tipo de medición que intentaba hacer era perfectamente familiar para los astrónomos: tales mediciones se habían hecho desde Ptolomeo. Pero en opinión de Kepler, las mediciones de Ptolomeo no eran lo bastante precisas, ni lo eran las hechas desde entonces, con excepción de las de Tycho Brahe. Esta noche en concreto el frío era intenso y el viento cortante. Kepler encontró que si se quitaba los guantes sus manos pronto estaban demasiado entumecidas para manejar su instrumento; si conservaba los guantes apenas podía hacer los ajustes finos necesarios. El viento era demasiado fuerte para mantener una vela

⁵³⁶ Kepler, *New Astronomy* (1992), 210-211.

encendida, de modo que tenía que leer sus mediciones y escribirlas a la luz de un carbón al rojo vivo. Los resultados, estaba seguro, eran insatisfactorios: pensaba que se desviaba unos diez minutos de grado (un minuto es la sexagésima parte de un grado). En un transportador escolar moderno no se pueden distinguir diez minutos de un grado, y solo un astrónomo antes de Kepler habría creído que una tal medición era insatisfactoria. Ptolomeo y Copérnico habían considerado que 10 minutos era precisamente el margen de error aceptable. Pero Kepler había trabajado con Tycho Brahe, que había diseñado nuevos instrumentos capaces de medir con asombrosa precisión hasta un solo minuto.

Kepler estaba preocupado por estos números tan minúsculos porque tenía una comprensión de la astronomía bastante diferente a la de cualquiera de los que lo habían precedido. El objetivo de los astrónomos anteriores había sido construir modelos matemáticos que predijeran adecuadamente la situación de los planetas en los cielos. Todos habían compartido el supuesto de que dichos modelos han de implicar diversas combinaciones de movimiento circular, porque los filósofos les habían enseñado que todos los movimientos en los cielos tenían que ser circulares. El problema para Kepler era que círculos, excéntricos y epiciclos eran construcciones geométricas; no había ninguna evidencia de que en los cielos existiera ningún mecanismo de este tipo. Además, sus predecesores habían estado muy contentos de usar dos modelos distintos para cada planeta: uno para calcular su movimiento de este a oeste, y el otro para su movimiento de norte a sur.

Kepler sabía que no había esferas cristalinas en los cielos, y por eso comprendía que los planetas se desplazaban a través de espacio vacío en lo que él denominó una «órbita». Kepler sustituyó los orbes por órbitas porque su ambición era sustituir la geometría por la física. («Órbita», usada en este sentido, era un indicador de la innovación clave de Kepler; previamente, una órbita era el rastro dejado por una rueda en el suelo, o la cuenca en la que se acomoda el ojo. Una órbita es física, mientras que un orbe es una abstracción geométrica^{ccxviii})⁵³⁷. Con el fin de entender los movimientos de los planetas, Kepler pensó en patrones de transbordador intentando remar a través de un río de aguas rápidas. Si uno guiara un planeta a través del espacio, pensaba (porque Kepler estaba preparado para imaginar inteligencias que guiaban los planetas), ¿cómo se situaría, y cómo mantendría el rumbo? Una excéntrica, que implicaba un círculo perfecto alrededor de un punto no marcado en el espacio uniforme, le parecía una imposibilidad. Kepler estaba convencido de que era necesario pensar en fuerzas que fluían a través del espacio (su inspiración la proporcionaba el estudio de Gilbert publicado recientemente sobre el imán), y preguntarse cómo un timonel celeste tomaría sus enfilaciones⁵³⁸. En consecuencia, insistía en emplear un único modelo matemático para explicar el movimiento de un planeta a través de los cielos. Cuando intentó emplear este método para Marte utilizando la combinación de círculos de Brahe,

⁵³⁷ Goldstein y Hon, «Kepler's Move from Orbs to Orbits» (2005).

⁵³⁸ Kepler, *New Astronomy* (1992), 405, 410-416.

pudo obtener resultados satisfactorios para las longitudes (2 minutos de error), pero entonces las latitudes fallaron. Cuando reajustó la geometría para tener las latitudes bien, el error en las longitudes subió hasta un valor que antaño hubiera desechado como insignificante, pero que ahora Kepler consideraba intolerable: un total de 8 minutos⁵³⁹.

Lo cierto es que, si Kepler hubiera estado determinado a encontrar un sistema de círculos que se ajustara, lo podía haber hecho, como más tarde reconoció. Pero en lugar de ello empezó a jugar con otros modelos matemáticos, y descubrió que podía producir resultados hasta un estándar satisfactorio de precisión (mejor que 2 minutos) si modelaba la órbita como una elipse con el sol en su foco. Astrónomos anteriores hubieran descartado esta solución porque no implicaba movimiento circular. Sin embargo, Kepler estaba encantado con ella, porque podía imaginar que había algún tipo de fuerza física implicada que hacía que el planeta oscilara por el espacio, acelerándolo a medida que se acercaba al sol (el origen de la fuerza) y desacelerándolo cuando se alejaba de él: y estaba en lo cierto, naturalmente, porque dicha fuerza es la gravedad⁵⁴⁰.

Kepler no tenía la palabra «hecho» (escribía acerca de fenómenos, observaciones, efectos, experimentos, de *to hoti*), pero ciertamente tenía la idea y sabía que los hechos eran tras lo que él iba. Decidió colocar en la portada de su *Stella nova* («Nueva estrella», 1606) la

⁵³⁹ Gingerich, «Johannes Kepler» (1989), 63.

⁵⁴⁰ Gingerich, «Circles of the Gods» (1994), 23.

imagen de una gallina picoteando el suelo en una granja, con el lema *grana dat e fimo scrutans* («buscando en el estiércol, encuentra un grano»). Kepler se presentó no como un gran filósofo, sino como alguien preparado para escarbar en busca de hechos. Y debido a que tenía que hacer que sus hechos fueran creíbles, estaba obligado a adoptar muchas de las técnicas retóricas que, según la literatura, se inventaron mucho más tarde: el relato aparentemente prolijo de detalles irrelevantes (el carbón encendido con el que leía sus instrumentos en la noche del 19 de febrero de 1604); la determinación de informar de los fracasos (presenta lo que denomina su guerra sobre Marte con una serie casi interminable de derrotas) con el mismo esmero que lo hace de los éxitos; la insistencia a implicar al lector como si estuviera realmente presente⁵⁴¹. En *Stella nova* nos presenta incluso a su esposa, como si los estuviéramos visitando en casa, y explica que le ha sido difícil refutar los argumentos de los epicúreos, que pensaban que el universo era producto del azar. Pero su esposa es un adversario más temible que él:

Ayer, cuando me hube cansado de escribir y mi mente estaba llena de motas de polvo de pensar acerca de los átomos, me llamó a cenar y me sirvió una ensalada. Con lo cual le dije: «Si lanzáramos al aire los platos de peltre, las hojas de lechuga, los granos de sal, las gotas de aceite, vinagre y agua y los gloriosos huevos, y todas estas cosas

⁵⁴¹ Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 22-79.

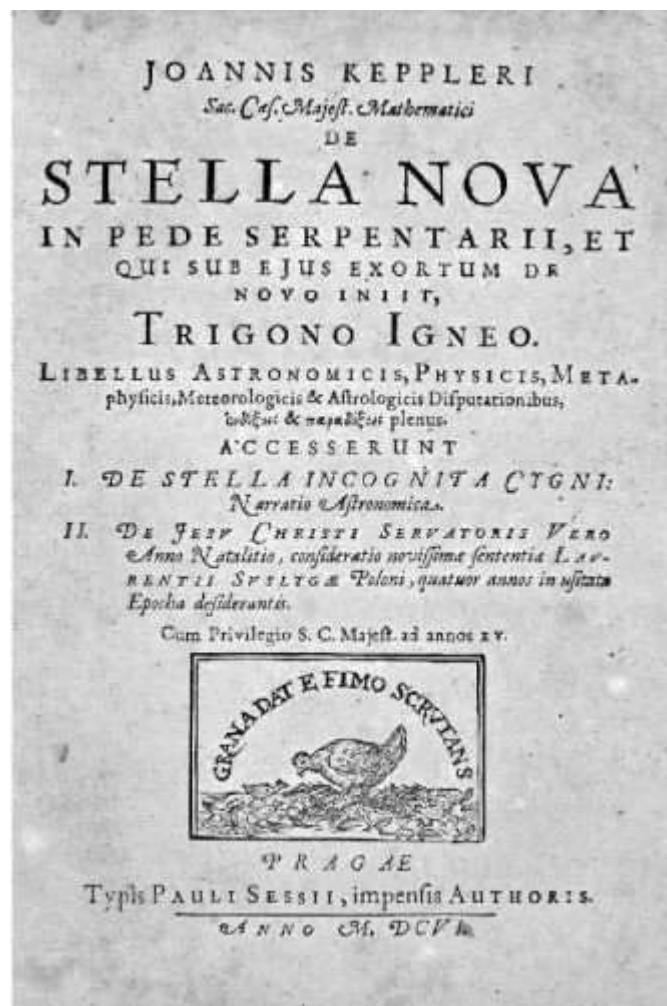
permanecieran allí por toda la eternidad, entonces ¿acaso esta ensalada caería toda junta por azar?». Mi beldad contestó: «Pero no en esta presentación, ni en este orden»⁵⁴².

El propósito de estos detalles irrelevantes (los platos de peltre, las gloriosos huevos) es crear lo que Roland Barthes llamó «el efecto de la realidad»⁵⁴³. Podemos creer a Kepler, debemos entender, porque nos cuenta lo que ocurrió realmente. En el siglo XIX este tipo de narración se convirtió en el ideal del historiador (*wie es eigentlich gewesen ist*, «así es como ocurrió realmente», tal como escribió Ranke), pero en el siglo XVII no era el historiador, sino el científico, el que aspiraba al realismo como estilo literario. (Hay excepciones, sin embargo: Newton y Descartes son los más sorprendentes). Puesto que la nueva ciencia todavía no había establecido su demanda de autoridad, dicha demanda tenía que reivindicarse apelando a la realidad. En un mundo sin revisión por iguales, los textos, para transmitir confianza, fiabilidad y exactitud, tenían que emplear recursos literarios. En el caso de la *Astronomía nova* de Kepler (1609), la búsqueda del realismo adoptó lo que al lector moderno le parece una forma de lo más peculiar: en lugar de destacar su nueva astronomía, Kepler presenta una narrativa histórica de su búsqueda de una nueva astronomía, con todos sus

⁵⁴² Westman, *The Copernican Question* (2011), 401. (He modificado la traducción de Westman; hay una traducción francesa, Kepler, *L'Étoile nouvelle dans le serpentaire*, 1998).

⁵⁴³ Barthes, «The Reality Effect» (1986).

falsos giros y equivocaciones meticulosamente registrados. Con el fin de producir hechos, Kepler no solo tuvo que congelarse los dedos en las noches de febrero, también tuvo que inventar formas literarias que convencieran al lector de que se había esforzado mucho para obtener correctamente sus hechos (y sus teorías); incluso la portada declara que su nueva astronomía se «resolvió en Praga en un estudio tenaz que duró muchos años»⁵⁴⁴.



⁵⁴⁴ Kepler, *New Astronomy* (1992), 27.

Portada de Stella nova (1606), de Kepler. (Linda Hall Library Images, Linda Hall Library of Science, Engineering & Technology, EE. UU.).

Desde luego, no todos encontraron que estas estrategias fueran útiles: Galileo se quejaba que encontraba que Kepler era ilegible. Para él, el drama, en lugar de la narración histórica, era la manera de construir la apariencia de realidad. El *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano* de Galileo tiene en su frontispicio la imagen de Aristóteles, Ptolomeo y Copérnico frente al tipo de telón que se levantaría al inicio de una representación teatral. Galileo, al presentar un diálogo en el que él mismo no aparece nunca en el escenario, pudo (al menos en principio) evitar tomar la responsabilidad de cualquiera de los argumentos que proponía. Pero también quería dar al lector la sensación de que se hallaba presente en una argumentación real, de la que el copernicanismo surgió como indiscutiblemente victorioso. Lamentablemente, estos dos objetivos no concordaban el uno con el otro, y el éxito de Galileo en el segundo socavó sus esfuerzos poco entusiastas en favor del primero. Hay aquí una paradoja. El *Dialogo* de Galileo, aunque situado en apariencia en un lugar real (Venecia), es claramente ficticio: uno de sus personajes, Simplicio, era imaginario, y los otros dos estaban muertos (Salviati en 1614; Sagredo en 1620). Pero el propósito de la ficción es crear una sensación de realidad que convenza al lector de que la información en el diálogo es perfectamente genuina. Los hechos son ciertos, aunque los protagonistas sean ficciones.



Frontispicio del Dialogue (1632) de Galileo. Aristóteles (izquierda), que aparece como un hombre anciano y débil; Ptolomeo (centro), tocado con un turbante porque procede de Egipto; y Copérnico, vestido con las ropas de un sacerdote polaco, se hallan en la costa del puerto florentino de Livorno debatiendo cuestiones de física y astronomía. Pero Copérnico no se parece en nada a la imagen de Copérnico que aparece en otras fuentes, donde siempre se le representa joven y bien afeitado. De hecho, la traducción del latín de Bernegger corrigió pronto este «error» y proporcionó una representación más precisa de

Copérnico. Sobre la cabeza de los tres filósofos pende el telón que se levanta al inicio de una representación teatral, una estratagema que empleaba el grabador de Galileo, Stefano della Bella, para los frontispicios de obras teatrales. De esta forma Galileo implica que los argumentos presentados en el libro no han de considerarse verdaderos, porque el copernicanismo había sido condenado por la Iglesia. (Biblioteca Nazionale/Getty Images).

Empecé con Kepler en la noche del 19 de febrero de 1604 porque cada hecho tiene una historia local: Kepler tenía interés en relatar esta historia con el fin de convencer a sus lectores que sus mediciones eran precisas, y el historiador tiene interés en contarla con el fin de captar hechos en el proceso en el que se establecen y se narran. Una razón por la que Kepler tuvo que esforzarse tanto era que no podía simplemente relatar los hechos mundos y lirondos, porque no había tradición de aceptar hechos al pie de la letra. El término clave en filosofía, incluso en la época de Kepler y Galileo, era «fenómenos». En lo que respecta a Aristóteles, los fenómenos incluían todo lo que se aceptaba de manera general que lo era⁵⁴⁵. De modo que si la gente cree de manera general que los ratones se generan espontáneamente en la paja, entonces la tarea del filósofo

⁵⁴⁵ Owen, «*Tithenai ta phainomena*» (1975). Para los ataques ingleses en el siglo XVII contra la idea de que el consenso podría proporcionar una base fiable para el conocimiento, véase Skinner, *Reason and Rhetoric* (1996), 257-267.

es explicar por qué ello es así, no cuestionar si es así⁵⁴⁶. Además, los fenómenos eran maleables. Ptolomeo había basado su astronomía en mediciones, al igual que hizo Kepler. Pero Ptolomeo y sus seguidores habían conjeturado que las mediciones podían considerarse como aproximaciones: en la práctica, era seguro que habría discrepancias menores entre las predicciones teóricas y las mediciones reales. Además, no tenían ninguna obligación de ser consistentes. Era perfectamente aceptable usar una hipótesis (o modelo) para explicar el movimiento de un planeta a lo largo del plano de la eclíptica, y otro modelo en conflicto con el primero para explicar su desviación por arriba y por debajo de dicho plano⁵⁴⁷; de esta manera, se guardaban, o se salvaban, los fenómenos⁵⁴⁸. Kepler, en cambio, buscaba un ajuste perfecto. Pudo haber hecho mediciones muy parecidas a las que había hecho Ptolomeo, utilizando instrumentos muy parecidos a los que había empleado Ptolomeo, pero en su empresa las mediciones (lo que llamamos «los hechos») tenían una condición nueva, una autoridad nueva.

§ 3.

Los hechos no solo se establecen, se «desestablecen». Desde luego, no decimos esto: los hechos son por definición ciertos, de modo que cuando se descubre que son falsos simplemente dejan de ser, como

⁵⁴⁶ Para un ejemplo de alguien que lidia con ello, véase Piccolomini, *La prima parte delle theoriche* (1558), 29r-30v, que aduce que hay que confiar en la opinión pública en cuestiones de moralidad, pero no de filosofía natural.

⁵⁴⁷ Gingerich, «Johannes Kepler» (1989), 63.

⁵⁴⁸ Duhem, *To Save the Phenomena* (1969).

Campanilla^{cccix}, que solo puede vivir si los niños creen en ella. Los hechos se basan en la experiencia y son refutados por la experiencia. Los antiguos griegos y romanos creían que si se frotaba un imán con ajo dejaba de funcionar⁵⁴⁹. Plutarco, Ptolomeo y toda suerte de otros autores lo creían implícitamente. Era, para ellos, en palabras de Daryn Lehoux, un ejemplo de «facticidad no problemática»⁵⁵⁰. Podía hacerse que el imán funcionara de nuevo si se lo untaba con sangre de cabra. Pensadores refinados (los que en 1646 Thomas Browne denominaba «escritores graves y valiosos») siguieron creyéndolo hasta bien entrado el siglo XVII⁵⁵¹. En 1589, Giambattista della Porta (un aristócrata napolitano cuya *Magiae Naturalis* («De la magia natural») fue uno de los grandes éxitos de ventas en el siglo que va de 1560 a 1660) protestó:

*Pero cuando intenté todas estas cosas, descubrí que eran falsas; porque no solo expirando y eructando sobre la calamita después de haber comido ajo, no detuvo sus virtudes, sino que cuando fue untada totalmente con zumo de ajo realizó su cometido tan bien como si nunca hubiera sido tocada con él*⁵⁵².

Sin embargo, este recurso a la experiencia no era nuevo. Plutarco había afirmado tener «experiencia palpable» del efecto del ajo sobre

⁵⁴⁹ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 136-154, 209-217.

⁵⁵⁰ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 140; toda la discusión del ajo y los imanes cubre 136-154.

⁵⁵¹ Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), 67.

⁵⁵² Della Porta, *Natural Magick* (1658), 212.

el imán de dejarlo sin poder⁵⁵³. A lo que parece, algo en la naturaleza de la experiencia había cambiado entre Plutarco y Della Porta.

Pero, según se nos dice, no había nada nuevo en el acercamiento de Della Porta a la evidencia: era tan crédulo acerca de muchas cuestiones como todos los que habían creído en el poder del ajo. Por ejemplo, creía en la generación espontánea: no solo que hubiera percebes que pudieran hacer eclosión y transformarse en gansos (de ahí el nombre de barnaclas que se da a algunas especies de gansos^{CCXX}; incluso Kepler creía que los gansos procedían de los percebes), sino que la salvia en putrefacción generaba un pájaro «como un mirlo». Y creía que a los osos les gusta la miel porque en su búsqueda de ella son picados por las abejas, y los aguijonazos de las abejas en la boca de un oso extraen el espeso humor que normalmente enturbia su visión, de modo que a los osos les encanta la miel porque mejora su visión. Si ocurre que Della Porta tiene a propósito del ajo y los imanes la misma idea que nosotros, no es porque sea mejor que Plutarco o Ptolomeo a la hora de manejar la evidencia. Todo lo que ha hecho es aislar la cuestión del ajo y los imanes del contexto mayor en el que generalmente se le colocaba, el de la simpatía y la antipatía. Esto hizo posible que diera con una

⁵⁵³ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 143. Esta es la traducción de Lehoux de Plutarco, *Quaestiones convivales*, libro 2, cap. 7.

nueva respuesta a la pregunta: «¿Qué ocurre cuando el ajo entra en contacto con un imán?» Sucede que su respuesta es la nuestra⁵⁵⁴.

Pero la afirmación que Della Porta había aislado el estudio de los imanes de la cuestión de la simpatía y la antipatía es bastante extraña, porque ya en el principio de su libro, cuando discute estas poderosas fuerzas mediante las cuales tanto se puede conseguir, sus ejemplos son los consabidos, como la antipatía entre el hombre y el lobo, que asegura que cuando un hombre ve un lobo se queda sin habla. Incluido, casi inevitablemente, está el caso del ajo y el imán (cito de la traducción inglesa de 1658):

Aquí pertenece este notable desacuerdo que hay entre el ajo y la calamita: porque si se lo embadurna con ajo, no atraerá el hierro, como Plutarco había hecho notar, y después de él Ptolomeo: la calamita tenía en ella una virtud venenosa, y el ajo es bueno contra el veneno. Pero si nadie hubiera escrito acerca del poder del ajo contra la calamita, aun así podríamos conjeturar que era así, porque es bueno contra las víboras y los perros rabiosos, y las aguas venenosas. Así, del mismo modo que estos seres vivos que son enemigos de las cosas ponzoñosas y que las tragan sin peligro, nos pueden mostrar que tales venenos curarán las mordeduras y golpes de estos animales⁵⁵⁵.

⁵⁵⁴ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 145-146.

⁵⁵⁵ Della Porta, *Natural Magick* (1658), 10.

No hemos de ser demasiado críticos ante la aceptación de Della Porta de la doctrina de la simpatía y la antipatía. Incluso Descartes, que no tardaría en rechazar todas las opiniones recibidas, creía en 1618 (probablemente según la autoridad de Della Porta) que un tambor cubierto por la piel de un cordero quedaría en silencio si notaba las vibraciones de uno cubierto por una piel de lobo. Ni la muerte, ni siquiera el curtido, podía deshacer la antipatía entre cordero y lobo⁵⁵⁶. Pero solo unas décadas más tarde Walter Charleton menospreciaba a los que sostenían esta opinión:

Muchos antiguos habían afirmado, y pocos modernos habían puesto en cuestión, que un tambor con una base de piel de lobo y piel de oveja en la parte superior, no emitirá ningún sonido; y más todavía: que una piel de lobo depredará en poco tiempo y consumirá una piel de oveja si se las pone juntas. Y contra ello no necesitamos otra defensa que apelar directamente a la experiencia, y ver si estas tradiciones merecen o no ser listadas entre los errores populares, y asimismo si tanto sus promotores como sus autores merecen ser exiliados de la sociedad de los filósofos, estos como traidores a la verdad por planear falsedades manifiestas, aquellos como idiotas por creer y admirar tales perifollos, que no huelen a otra cosa que a

⁵⁵⁶ Shea, *Designing Experiments* (2003), 116-117; Augst, «Descartes' Compendium on Music» (1965). Descartes también explicaba por qué un cadáver sangra en presencia de su asesino: Daston y Park, *Wonders and the Order of Nature* (1998), 241.

*fábula, y que están abiertas a la contradicción de un experimento fácil y barato*⁵⁵⁷.

En los años de mediados del siglo XVII, la experiencia dejó de ser algo que concordaba naturalmente con las afirmaciones de autoridades previas y se convirtió en un solvente cáustico de creencias fabulosas.

¿Cómo hemos de explicar, pues, el peculiar hecho de que Della Porta a la vez crea y rechace la antipatía ajo/imán^{ccxxi}? Un primer paso es reconocer que *Magiae naturalis* es un libro escrito a lo largo de un período de más de treinta años. En realidad, son dos libros. La primera edición, dividida en cuatro «libros» o secciones, se publicó en 1558 (y tuvo sesenta ediciones en cinco idiomas a lo largo de setenta años⁵⁵⁸). La segunda, que consistía en veinte libros, se publicó en 1589. La relación entre las dos ediciones es compleja. Buena parte del material que estaba en la edición de 1558 desapareció en la de 1589. La principal razón para ello es clara. Della Porta había sido llevado a juicio por la Inquisición en 1577-1578 acusado de magia negra. (Probablemente su arresto se remonta a 1574, cuando se le ordenó que cerrara la academia que había fundado para averiguar los secretos de la naturaleza).⁵⁵⁹ Tuvo problemas continuados con la censura católica, y durante un tiempo se le prohibió publicar.

⁵⁵⁷ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 358.

⁵⁵⁸ Balbiani, *La magia naturalis* (2001), 20.

⁵⁵⁹ Eamon, *Science and the Secrets of Nature* (1994), 194-229; Tarrant, «Giambattista della Porta and the Roman Inquisition» (2013), que simplifica la respuesta de Porta a la censura; y Valente, «Della Porta e l'Inquisizione» (1999).

La segunda edición de *Magiae naturalis* había sido revisada detenidamente para eliminar las posibles causas de ofensa. Se introdujo una frase prudente para hacer que la discusión de Della Porta sobre el alma estuviera en línea con la enseñanza cristiana, y todas las referencias al alma del mundo, *anima mundi*, se transformaron cautamente en citas^{ccxxii}. Inevitablemente, ha desaparecido un capítulo en el que Della Porta describía un experimento con un ungüento supuestamente utilizado por las brujas para permitirles volar al *sabbat*: había conocido convenientemente a una bruja que aceptó proporcionarle una demostración de sus poderes. Después de haberse frotado totalmente con un ungüento (Della Porta proporcionaba dos recetas, una basada en la grasa de niños pequeños, el otro en sangre de murciélago), se había quedado profundamente dormida, pero su cuerpo nunca abandonó la habitación en la que estaba encerrada, aunque cuando despertó describió que había volado sobre mares y montañas. La implicación evidente era que el *sabbat* era una alucinación, no una realidad^{ccxxiii}. También desaparecieron varios procedimientos que se podría sospechar que eran mágicos, incluida una extensa discusión sobre amuletos. O al menos quien los buscara con la primera edición a mano pensaría que habían desaparecido. Pero una receta para descubrir si tu esposa te es fiel o no (pon un imán, con una imagen de Venus grabada, bajo su almohada: si es fiel, te hará insinuaciones amorosas mientras está dormida; si no, te expulsará de la cama) se ha desplazado simplemente a la sección ampliada sobre imanes, y se ha hecho

relativamente inocua al transformarla en un fragmento de saber escolar. También desplazada a una posición relativamente segura, al último libro, en una colección de observaciones misceláneas titulada «Caos», hay una receta que garantiza que las mujeres se arrancarán la ropa y bailarán de manera salvaje: caliéntese grasa de liebre sobre una lámpara hasta que humee. La receta es incompleta, porque la lámpara debiera llevar inscritos caracteres misteriosos y hay un conjuro que se ha de murmurar. Aun así, Della Porta se basaba obviamente en que los censores fueran lo bastante descuidados para prestar mucha atención hasta el final mismo del libro, porque estos misteriosos caracteres y el conjuro murmurado habrían implicado magia negra a cualquier lector suspicaz.

La censura religiosa no era la única presión sobre el texto de Della Porta. Sabemos que estaba implicado en una prolongada búsqueda del secreto de cómo transformar metales comunes en oro; de hecho, por un breve período en la década de 1580, pensaba que lo había encontrado⁵⁶⁰. Tal secreto no podía ser difundido ampliamente, pues no tendría sentido producir oro si todos lo hicieran. En ambas ediciones de *Magiae naturalis*, Della Porta aseguraba al lector que no iba a prometer montañas de oro, pero en ambas indicaba que a veces se había expresado de manera poco clara, ocultando la verdad al lector no refinado, y proporcionaba recetas para empresas que

⁵⁶⁰ Clubb, *Giambattista della Porta, Dramatist* (1965), 23-24, 26, 51.

suponían hacer plata y oro a la vez falsos y reales: aumentar el peso de una barra de oro, por ejemplo⁵⁶¹.

A pesar de reconocer que la mayoría de alquimistas son artistas de la estafa, Della Porta nos asegura que él es diferente y ofrece únicamente información fidedigna. Ambas ediciones de *Magiae Naturalis* abren con la promesa que Della Porta solo hablará a partir de la experiencia personal:

Muchos hombres han escrito lo que nunca vieron, ni conocieron los simples^{ccxxiv} que eran los ingredientes, pero los indican a partir de las tradiciones de otros hombres, por un deseo innato e importuno de añadir algo, de modo que los errores se propagan por sucesión, y al final crecen hasta hacerse infinitos y no quedar demasiado de las huellas de los primeros [es decir, de los ingredientes originales]. Esto hace que no solo el experimento sea difícil, sino que un hombre no pueda leerlos sin echarse a reír⁵⁶².

La primera edición proporciona dos ejemplos de tales errores. Catón y Plinio habían dicho que se podía emplear una botella hecha de hiedra para determinar si el vino había sido adulterado con agua, pues el vino sería expulsado y dejaría el agua detrás. Y Galeno había dicho que era falso afirmar que la albahaca machacada

⁵⁶¹ Della Porta, *Natural Magick* (1658), libro 6; Della Porta, *La Magie naturelle* (1678), libro 3, cap. 4.

⁵⁶² Della Porta, *La Magie naturelle* (1678), *préface aux lecteurs* (A4v). Por alguna razón, los prefacios faltan en la traducción italiana, Della Porta, *De i miracoli* (1560); Della Porta, *Natural Magick* (1658), prefacio al lector.

generaba espontáneamente escorpiones: Della Porta lo había comprobado al poner afuera albahaca aplastada (¡aplastada, pero no amputada!)^{CCXXV} sobre mosaicos de loza, y no solo se generaron escorpiones, sino que otros escorpiones, atraídos por el olor de la albahaca, habían acudido en masa. (Della Porta no se molesta en explicar cómo pudo distinguir los escorpiones recién generados de los que simplemente pasaban por allí).

Así, Della Porta es un caso enigmático. Tiene la idea que hay mucha información que no es de fiar y es necesario ponerla a prueba, pero parece incapaz de realizar pruebas razonables. Parte del problema estriba en que es incorregiblemente deshonesto, al insistir en que ha visto y hecho cosas que no es posible que viera o hiciera. Recientemente se ha demostrado que esta deshonestidad está en el meollo de su discusión del magnetismo en la segunda edición, que es plagiada en gran medida de un manuscrito anónimo escrito por un filósofo jesuita, un noble veneciano que enseñaba en el colegio de los jesuitas de Padua, Leonardo Garzoni (1543-1592⁵⁶³). La evidencia es clara: Della Porta no solo reproduce las palabras de Garzoni, sino que no comprende algunos de los experimentos que afirma haber realizado, con lo que los explica mal. Irónicamente, Della Porta no tardó en quejarse de que su propia discusión del magnetismo había sido plagiada por William Gilbert⁵⁶⁴.

⁵⁶³ Garzoni, *Trattati della calamità* (2005); Ugaglia, «The Science of Magnetism before Gilbert» (2006).

⁵⁶⁴ Muraro, *Giambattista della Porta, mago e scienziato* (1978), 143-171.

Solo perdura un ejemplar incompleto del texto de Garzoni. Había formado parte de la biblioteca paduana de Giovanni Vincenzo Pinelli, una biblioteca en la que Galileo leía libros difíciles de encontrar, y la biblioteca completa se había vendido a la muerte de Pinelli y cargada en barcos para su transporte desde Venecia a Nápoles. Un barco, que transportaba parte de la biblioteca, fue capturado por piratas, que quedaron consternados al ver que el cargamento no consistía en nada más que libros antiguos; lanzaron por la borda al mar algunas cajas, llenos de frustración y, habiendo capturado a la tripulación (que, a diferencia del cargamento, podía ser vendida fácilmente), dejaron el barco a la deriva hasta que embarrancó. Muchos de los libros y manuscritos que sobrevivieron al oleaje fueron quemados por pescadores como si se tratara de madera de deriva. Se arrancaron páginas para tapar agujeros de las barcas, o para extenderlas por las ventanas (el vidrio para las ventanas era todavía un lujo⁵⁶⁵). Para cuando los representantes del dueño llegaron para reclamar lo que quedaba, ya se había hecho mucho daño. Este manuscrito en concreto escapó de las olas y las llamas, pero es evidente que cayó en manos de los pescadores, porque parte del mismo ha desaparecido⁵⁶⁶.

Pero antaño tuvieron que existir otros ejemplares. Porque es no solo una fuente crucial no reconocida para Della Porta, sino también una fuente reconocida para *Philosophia magnetica* (1629), del

⁵⁶⁵ Hobson, «A Sale by Candle in 1608» (1971); Grendler, «Book Collecting in Counter-Reformation Italy» (1981).

⁵⁶⁶ Garzoni, *Trattati della calamità* (2005), 81-82.

jesuita Niccolò Cabeo. William Gilbert, del que generalmente se considera que su *De magnete*, «Sobre el imán» (1600) señala el inicio de la moderna ciencia experimental, depende en gran manera de Garzoni, aunque probablemente solo según lo transmitió Della Porta⁵⁶⁷. Garzoni ideó alrededor de un centenar de experimentos, muchos de los cuales fueron copiados por Gilbert. Hay buenas razones para considerar a Garzoni, no a Gilbert, como el fundador de la moderna ciencia experimental (volveremos a este problema en el capítulo siguiente). ¿Cómo consiguió Della Porta el texto de Garzoni? Es posible que lo leyera cuando estuvo en Venecia en 1580-1581... pero, desde luego, solo si para entonces ya había sido escrito, de lo que no podemos estar seguros. El gran historiador y científico veneciano Paolo Sarpi estuvo en Nápoles de 1582 a 1585, y Della Porta les dice a sus lectores que ha aprendido de él la mayor parte de lo que sabe de magnetismo; Sarpi pudo haberle proporcionado un ejemplar del texto de Garzoni. Della Porta era también un hermano laico de la Sociedad de Jesús: esto parece haber sido parte de sus esfuerzos para demostrar su ortodoxia religiosa después de su juicio por herejía; de modo que pudo haber tenido otros medios de tener acceso a la filosofía de los jesuitas. Otro problema lo plantea el exagerado agradecimiento de Della Porta a Sarpi. Escribe lo siguiente:

⁵⁶⁷ Gilbert como el primer moderno: Zilsel, «The Origin of William Gilbert's Scientific Method» (1941); Monica Ugaglia argumenta que Gilbert tenía acceso directo a Garzoni y a un manuscrito perdido de Paolo Sarpi. La prueba no me parece conclusiva (y el manuscrito de Sarpi bien pudiera ser posterior al libro de Gilbert). Garzoni, *Trattati della calamità* (2005), 60-79.

Conocí en Venecia a R. M. Paulo el veneciano, que estaba ocupado en el mismo estudio: era provincial de la Orden de los siervos, pero ahora es un respetable abogado, del que no solo confieso que obtuve algo, sino que me vanaglorio de ello, porque de todos los hombres que he llegado a ver, nunca conocí a ninguno que fuera más sabio, o más ingenioso, al haber obtenido todo el cuerpo del saber; y no es solo esplendor y ornato de Venecia o de Italia, sino del mundo entero⁵⁶⁸.

Esta es la única ocasión en que Della Porta da las gracias a un individuo por su nombre. Sarpi, en algún momento, escribió un breve tratado sobre el magnetismo, que no ha sobrevivido. Quizá Della Porta lo había leído. Pero una razón para presentar a Sarpi es evidentemente para quedar cubierto en el caso de que el plagio de Della Porta se descubriera; al reconocer una deuda con Sarpi, Della Porta puede negar haber leído siquiera a Garzoni, porque puede afirmar que cualquier similitud entre sus textos es el resultado de lo que ha leído de Sarpi.

Garzoni no está muy interesado en ajos e imanes; pero su tratado empieza declarando que se han escrito muchas tonterías sobre los imanes, y que el conocimiento fiable se ha de basar en experimentos. Explica el equipo básico que se necesita: un par de imanes, algunas pequeñas barras de hierro, algunos punteros de

⁵⁶⁸ Della Porta, *Natural Magick* (1658), 190.

hierro. Y señala que con este equipo al lector le será fácil establecer que el ajo y los diamantes no quitan poder a los imanes; se puede hacer el experimento donde uno quiera. Della Porta estaba claramente intrigado, y si no efectuó realmente varios de los experimentos descritos por Garzoni que afirmó haber hecho, parece que sí que efectuó estos experimentos concretos. Al haber insistido repetidamente (dos veces en la primera edición, una vez en la segunda) que el ajo elimina el poder de los imanes, ahora informa que «cuando intenté todas estas cosas, descubrí que eran falsas; porque no solo espirando y eructando sobre la calamita después de haber comido ajo, no detuvo sus virtudes, sino que cuando fue untada totalmente con zumo de ajo realizó su cometido tan bien como si nunca hubiera sido tocada con él»⁵⁶⁹.

Después de haber refutado la supuesta capacidad del ajo para eliminar el poder del imán (los propios marineros, se nos dice, no pierden tiempo con este relato, porque «los hombres de mar preferirían perder su vida que abstenerse de comer cebollas y ajo»), Della Porta continúa para demostrar que la creencia popular (que él había aceptado alegremente en la primera edición) de que un diamante también quita el poder de la calamita, es falsa:

Lo intenté varias veces, y encontré que era falso, y que no hay verdad en ello. Pero hay muchas personas ignorantes o con pocos conocimientos que quisieran reconciliar a los escritores antiguos y excusar estas mentiras, y no ven el

⁵⁶⁹ Della Porta, *Natural Magick* (1658), 212.

daño que provocan en la comunidad del saber. Porque los nuevos escritores, al construir sobre sus cimientos, creyendo que son ciertos, añaden a los mismos, e inventan, y extraen otros experimentos de ellos, que son más falsos que los principios en los que insistían. El ciego guía al ciego, y ambos caen al pozo. Hay que buscar la verdad, y todos los hombres han de amarla y profesarla; y ninguna autoridad humana, antigua o nueva, ha de impedirnos acceder a ella⁵⁷⁰.

En realidad, los experimentos de Della Porta hicieron que adoptara el punto de vista opuesto: que se puede utilizar un diamante para hacer, en lugar de deshacer, un imán.

También es falsa la afirmación (de nuevo hecha en la primera edición, y algo común en la literatura desde Plinio) de que la sangre de cabra retorna el poder al imán:

Puesto que por lo tanto hay una antipatía entre el diamante y la calamita; y hay una gran antipatía entre el diamante y la sangre de cabra, del mismo modo que hay simpatía entre la sangre de cabra y la calamita, a partir de este razonamiento que hemos considerado hasta aquí, cuando la virtud de la calamita se amortigua, ya sea por la presencia del diamante o del hedor del ajo, si se baña en sangre de cabra recuperará su antigua fuerza y será más

⁵⁷⁰ Della Porta, *Natural Magick* (1658), 213.

fuerte; pero he comprobado que todos los informes son falsos. Porque el diamante no es tan fuerte como los hombres dicen que es, porque cederá ante el acero y ante un fuego moderado; ni se vuelve blando en sangre de cabra, ni en sangre de camello, ni en sangre de asno; y nuestros joyeros consideran que todas estas relaciones son falsas y ridículas. Y tampoco la virtud de la calamita, si se pierde, se recupera por la sangre de cabra. He dicho todo esto, para dejar que los hombres vean qué falsas conclusiones se derivan de falsos principios⁵⁷¹.

Cuando escribe sobre ajo e imanes, Della Porta se lee como un moderno, pero solo unas páginas antes (antes de los pasajes robados a Garzoni) ha sido tan estúpido y confuso como siempre: seguramente sería posible, sugiere, comunicarse con alguien a distancia (incluso con alguien retenido en prisión) si cada uno de ellos está equipado con una brújula con el alfabeto grabado alrededor del dial. Si una persona dirige la aguja de su compás a una letra, la aguja del otro compás se moverá y apuntará a la misma letra. Pero, de nuevo, «falsas conclusiones se derivan de falsos principios», aunque al menos no afirma haber probado el método y demostrado que funciona^{ccxxvi}.

De modo que es imposible transformar a Della Porta en un empirista cauto preocupado por obtener adecuadamente sus

⁵⁷¹ Della Porta, *Natural Magick* (1658), 214

hechos, por todas sus propias afirmaciones repetidas de lo contrario, o de afirmar que se trata de un pensador moderno, por toda su insistencia de que él intenta demostrar «lo muchísimo que esta última época ha superado a la Antigüedad»⁵⁷². Y, sin embargo, esta afirmación es también evidentemente errónea: cuando se trata de los imanes y de sus supuestas interacciones con el ajo, los diamantes y la sangre de cabra, Della Porta es un empirista moderno, determinado a obtener directamente los hechos, incluso si ello implica sacrificar una teoría querida. Parece que hay dos Della Porta. Uno de ellos dice unas cosas y el otro, sorprendentemente, hace otras.

Hay una explicación sencilla para esto. Della Porta se lee como un moderno cuando Garzoni piensa por él, y como Plinio cuando piensa por sí mismo. De modo que estas perlas de facticidad problemática (la incapacidad del ajo de eliminar el poder de un imán o de la sangre de cabra de volvérselo a dar) encontraron el camino hasta el texto de Della Porta. Y, desde luego, estuvo encantado de incluirlas. ¿Qué mejor prueba podía haber, después de todo, de su afirmación tantas veces repetida de que se basaba en la experiencia y no en la autoridad?

Y, sin embargo, Della Porta no pudo obligarse a repensar su mundo a la luz de este sencillo descubrimiento. De modo que el ajo y la calamita encontraron todavía su lugar tradicional en este capítulo crucial sobre simpatía y antipatía, en el que descubrimos que un

⁵⁷² Della Porta, *Natural Magick* (1658), prefacio al lector.

toro salvaje atado a una higuera se vuelve manso, que los basiliscos se asustan por el cacareo de los gallos, que un caracol bien lavado cura la borrachera, que ver a un lobo hace que un hombre quede sin habla, y que el ajo elimina el poder de los imanes. La refutación de la supuesta antipatía entre ajo e imanes era como una hebra suelta de un suéter: si se tira de ella todo el conjunto se deshilacha. De modo que Della Porta simplemente volvió a poner la hebra en su sitio y pretendió que no había nada erróneo⁵⁷³.

Es fácil eliminar una alternativa obvia. Se podría sugerir que la nueva sección sobre magnetismo se añadió en el último minuto, y que Della Porta simplemente no revisó su introducción a la luz de sus nuevas conclusiones. Esto no funciona, porque la nueva sección sobre magnetismo contiene material que Della Porta había desplazado de su posición original cuando pretendía hacer que su libro fuera inofensivo para los censores; parecería evidente, pues, que escribió o revisó la sección sobre magnetismo al mismo tiempo que revisaba los capítulos iniciales. En cualquier caso, toda la obra debió de ser revisada detenidamente antes de su publicación para asegurarse de que satisfaría tanto a la Congregación del Índice (que estaba a cargo de la censura eclesiástica) como a la Inquisición (que perseguía la herejía). Della Porta tuvo que darse cuenta de que se contradecía.

Así, quiérase o no, un pequeño fragmento de facticidad problemática se soltó en el mundo. Quienquiera que tuviera acceso

⁵⁷³ Della Porta, *Natural Magick* (1658), 8-10.

a una brújula y a un diente de ajo podía realizar su propia prueba, que es la razón por la que deshacer el antiguo «hecho» era tan importante. Era mucho más difícil echar mano de un toro salvaje, un basilisco o un lobo. A medida que el libro de Della Porta aparecía en una edición tras otra y en una traducción tras otra, transmitía (para los que leían lo suficiente; algunos apenas leían más allá del capítulo sobre simpatía y antipatía) un poderoso antídoto contra las antiguas creencias. Della Porta no había hecho otra cosa que hablar de boquilla acerca de la idea de que toda autoridad intelectual ha de ser considerada con sospecha y todas las afirmaciones de experiencia puestas a prueba, pero incluso él tenía un papel que desempeñar en hacer que las antiguas certezas fueran problemáticas. Así, Bernardo Cesi en su *Mineralogia* de 1636 informa del antiguo cuento que el ajo quita el poder del imán, pero está lo suficientemente impresionado por los vehementes rechazos de Della Porta para estar (casi) convencido. Encuentra más difícil abandonar la creencia de que los diamantes quitan el poder al imán porque está respaldada unánimemente por los autores más distinguidos; no obstante, informa fielmente de la insistencia de Della Porta de que posee experiencia directa de lo contrario. Al final, sin embargo, Cesi estaba preparado para seguir, como lo estaba Della Porta, como si nada hubiera ocurrido realmente, como si se pudieran creer las viejas historias y dejar de creer en ellas al mismo tiempo. Después de todo, ¿no había dicho Cesi antes en su libro que

«sabemos por experimentos cotidianos que el poder de la calamita resulta debilitado por el ajo»⁵⁷⁴?

En este punto, parece como si hubiéramos resuelto el problema que Lehoux nos plantea. Lehoux quiere argumentar que no hay diferencia real entre Plutarco y Della Porta, lo que es bastante justo; no podría haber hecho el mismo razonamiento si hubiera comparado a Plutarco con Garzoni. Pero aquí hay otra cuestión que necesitamos explorar. Plutarco, Garzoni y Della Porta apelan todos a la experiencia. Pero veamos qué dice Plutarco: es que «tenemos experiencia palpable de estas cosas». Cesi dice: «Sabemos por experimentos cotidianos que el poder de la calamita es debilitado por el ajo». Arnold de Boate escribió en 1653 que la calamita «tiene una virtud admirable no solo de atraer el hierro hacia sí, sino también de hacer que un hierro sobre el que se restriega también atraiga el hierro. No obstante, se ha escrito que si se frota con el zumo del ajo, pierde dicha virtud, y entonces no puede atraer el hierro, y lo mismo ocurre si se coloca un diamante cerca de ella». Compárese Plutarco («tenemos experiencia palpable»), Cesi («sabemos») y de Boate («se ha escrito») con Della Porta («cuando intenté todas estas cosas») o con la invitación de Garzoni para que consigamos nuestro propio equipo y hagamos nuestras propias comprobaciones. Los hechos de Garzoni y Della Porta no están basados en un conocimiento colectivo ni en un saber compartido,

⁵⁷⁴ Cesi, *Mineralogia* (1636), 40 (traducción de Lehoux), 534 (la discusión principal, que Lehoux no cita).

sino en la experiencia personal y directa. Lehoux nos dice que un árbitro anónimo, al leer su texto, «señaló correctamente que por lógica existe otra posibilidad [que la de que la “experiencia” de Plutarco y la de Della Porta sean el mismo tipo de cosa]: que Plutarco pueda querer decir por “experiencia” algo significativamente diferente a lo que nosotros decimos»⁵⁷⁵.

El árbitro tenía razón: la experiencia de Plutarco era una experiencia *indirecta*, de la misma manera que los fenómenos de Aristóteles se basaban en experiencias *de otras personas*; las experiencias de Garzoni y Della Porta se basaban en pruebas reales, realizadas personalmente⁵⁷⁶. Un buen ejemplo lo proporciona Pietro Passi, que escribe en 1614, que niega que los diamantes quiten el poder de los imanes: «porque he realizado pruebas aquí en Venecia, con el fin de aclarar la cuestión, en presencia del Padre Don Severo Sernesi y empleé veinte diamantes...» facilitados por un joyero de la máxima reputación⁵⁷⁷. O consideremos a Thomas Browne, quien rechazó la antipatía ajo-imán como «ciertamente falsa» en 1646. ¿Cómo lo supo? «Porque un alambre de hierro calentado al rojo vivo y enfriado en zumo de ajo, a pesar de ello mostró la verticidad de la Tierra y atrajo el punto Sur de la aguja. También, si el diente de una

⁵⁷⁵ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 144.

⁵⁷⁶ El mismo Lehoux plantea algo casi idéntico en una versión anterior de su argumento: Lehoux, «Tropes, Facts and Empiricism» (2003), 13 n. 12, donde dice que Alessandro Vicentini «hace realmente una llamada generalizada y anticuada a experiencias del mundo en lugar de hacerla a experimentos tal como nosotros los entendemos». Véase Dear, *Discipline and Experience* (1995), 149.

⁵⁷⁷ Citado de Garzoni, *Trattati della calamità* (2005), 91 n. 4.

calamita se cubre o se le clava un ajo, no obstante atraerá; y agujas excitadas y fijadas en ajo hasta que empiezan a herrumbrarse conservan su actividad atractiva y polar»⁵⁷⁸. Browne no emplea la primera persona del singular, pero su uso cuidadoso del detalle (el hierro al rojo vivo, las agujas que se herrumbran) sugiere experiencia directa, no presunción convencional. Jacques Rohault en 1671 emplea ciertamente la primera persona del singular: «Estos son cuentos [acerca de imanes y ajos] que son refutados por mil experimentos que he realizado»⁵⁷⁹.

Podemos ver un ejemplo temprano del nuevo estándar de evidencia en acción en el estudio de minerales de Anselmus Boëtius de Boodt, publicado en 1609. De Boot, que procedía de Brujas, se educó en Padua y se convirtió en el médico oficial del emperador Rodolfo II. Aceptó que los estudiosos modernos deben tener razón cuando afirman que el ajo no tiene efecto sobre los imanes, puesto que los marinos coinciden con ellos; en cuanto a la capacidad de los diamantes de eliminar el poder de un imán, informó tanto de la opinión tradicional como de los experimentos (o supuestos experimentos) de Della Porta, y después añadió cautamente que él no había realizado una prueba por sí mismo⁵⁸⁰. Sospechaba de la

⁵⁷⁸ Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1672), 70. (Cito de la edición de 1672, pues el texto de 1646 se presenta deteriorado).

⁵⁷⁹ Rohault, *Traité de physique* (1671), 234.

⁵⁸⁰ De Boodt, *Gemmarum et lapidum historia* (1609), 225. La autoridad de los marineros procedía presumiblemente del principio tradicional que Boyle resumió como «la norma de los *Lógicos*, a los *Artistas* habilidosos se les ha de reconocer su propio Arte» (Serjeantson, «Testimony and Proof» (1999), 218; Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), 26).

afirmación hecha por Plinio y otros de que hay un tipo de imán que repele el hierro en lugar de atraerlo; no había podido ver nunca esto por sí mismo ni encontrar un informe fiable de primera mano sobre ello. También dudaba de la afirmación repetida con frecuencia de que hay una piedra (el pantarbe) que atrae el oro al igual que el imán atrae el hierro, y que hay otro tipo de imán que atrae la plata: no pudo encontrar testigos directos en ninguno de estos casos⁵⁸¹. Y rechazó la afirmación de que no es posible aplastar los diamantes con un martillo: en tiempos recientes, cada diamante que se ha probado ha resultado ser frangible. No habría necesidad de recurrir a la sangre de cabra para ablandar el diamante⁵⁸².

Desde luego, los nuevos adversarios de la afirmación que el ajo destruía el poder del imán —Della Porta, William Barlowe (1597⁵⁸³), Gilbert, Browne— no obtuvieron una victoria inmediata. Las antiguas ideas las defendían Jan Baptist van Helmont (1621), Athanasius Kircher (1631) y Alexander de Vicentinis (1634⁵⁸⁴). El último intento de darles una formulación científica sería parece ser el *New Treatise of Natural Philosophy* («Nuevo tratado de filosofía natural», 1687), de Robert Midgeley⁵⁸⁵. ¿Cómo era posible tal cosa?

⁵⁸¹ De Boodt, *Gemmarum et lapidum historia* (1609), 222, 234-235.

⁵⁸² De Boodt, *Gemmarum et lapidum historia* (1609), 60.

⁵⁸³ Jonkers, *Earth's Magnetism in the Age of Sail* (2003), 166.

⁵⁸⁴ Helmont y Charleton, *A Ternary of Paradoxes* (1649), 40-41; Fletcher y Fletcher, *Athanasius Kircher* (2011), 150; y Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (1923), vol. 2, 310-311.

⁵⁸⁵ Midgeley, *A New Treatise of Natural Philosophy* (1687), 31.

La mejor respuesta la proporciona la réplica de Alexander Ross (1652) a Browne:

Sé que lo que acabo de decir (libro 2. c. 3). del ajo que impide la atracción de los imanes, lo contradice el doctor Brown, y antes que él Baptista Porta; pero no puedo creer que tantos escritores famosos que han afirmado esta propiedad del ajo puedan ser engañados; por lo tanto pienso que tenían algún otro tipo de calamita que el que tenemos ahora. Porque Plinio y otros hacen varios tipos de ellos, de los que el mejor es el etiópico. Entonces, aunque en algunas calamitas la atracción no sea impedida por el ajo, de ahí no se sigue que no sea impedida en ninguna; y quizá nuestro ajo no sea tan vigoroso como el de los antiguos en países más cálidos⁵⁸⁶.

En otras palabras, Ross sabía perfectamente bien que no podría confirmar la historia poniéndola a prueba, pero no obstante continuaba creyendo en ella. «Escritores graves y valiosos» vencieron a su propia experiencia y a la de sus contemporáneos.

La respuesta correcta a esto hay que encontrarla en una de las fábulas de Esopo, «El fanfarrón». Un atleta se jacta de que en Rodas realizó el salto más asombroso y afirma que tiene testigos que pueden aseverarlo. Pero se le da la siguiente réplica: «Imagina que esto es Rodas. Salta aquí» (en latín: *hic Rhodus, hic saltus*^{ccxxvii}). Así,

⁵⁸⁶ Ross, *Arcana microcosmi* (1652), 110.

el alquimista George Starkey insistía en que él no solo se basaba en testimonios, sino que estaba preparado para ponerse a prueba siempre que sus críticos eligieran nombrar un momento y un lugar: *hic Rhodus, hic saltus*⁵⁸⁷.

No quiero decir que nosotros, los modernos, seamos distintos de Ross porque solo creemos aquellas cosas que hemos experimentado por nosotros mismos. Sino que, como De Boodt, creemos cosas (al menos en aquello que concierne a la ciencia) solo si estamos seguros que pueden remontarse hasta una experiencia directa, o una serie de experiencias directas, y que pueden sobrevivir a nuevas pruebas⁵⁸⁸. Si yo quisiera persuadir al lector de la deriva continental, por ejemplo, yo le indicaría los artículos clásicos sobre paleomagnetismo y después podríamos ir y hacer nuestras mediciones en el campo. Boyle estableció las reglas para el nuevo conocimiento en el prefacio metodológico de sus *Physiological Essays* de 1661 (revisados en 1669). Allí, distingue, como he hecho yo, entre escritores que insisten en su experiencia directa de hechos, o al menos en su confianza en testigos identificables que han tenido experiencia directa, y los que informan de manera acrítica tradiciones establecidas. Su política, dice, es no citar a los del segundo tipo (y nombra a Plinio y Della Porta como ejemplos):

⁵⁸⁷ Starkey, *Nature's Explication and Helmont's Vindication* (1657), b7v («Epistle to the Reader»). Para la versión de Galileo de esta argumentación, véase Wootton, *Galileo* (2010), 164.

⁵⁸⁸ Tampoco quiero exagerar la modernidad de De Boodt: le interesaba la alquimia, sobre lo cual véase Purs, «Anselmus Boëtius de Boodt» (2004).

Las ocasiones que he tenido de considerar diversos hechos que aparecen en sus escritos, con una curiosidad atrevida e imparcial, me han hecho llegar a la conclusión de que muchas de dichas tradiciones son o bien ciertamente falsas, o no ciertamente verdaderas, y que excepto lo que ofrecen a partir de su propio conocimiento particular, o con circunstancias peculiares que puedan recomendarlas a mi creencia, soy muy reacio a construir nada de importancia sobre cimientos que estimo tan inseguros.

Porque, insiste, no apela «a otros escritores como jueces, sino como testigos, ni empleo lo que he encontrado ya publicado por ellos apenas como ornamentos para embellecer mis escritos, y mucho menos como oráculos por su autoridad para demostrar mis opiniones, sino como certificados para autenticar hechos».

Después de haber decidido confiar en solo unos pocos escritores fiables, Boyle expresó desprecio para el resto, los Plinios y Della Portas:

Cuando escritores vanos, para hacerse un nombre, han presumido de imponer al mundo crédulo tales cosas, bajo la idea de verdades experimentales, o incluso de grandes misterios, aunque nunca se esforzaron para ponerlas a prueba, ni las recibieron de ninguna persona creíble que profesara haberlas puesto a prueba; en tales casos no veo que estemos obligados a tratar a escritores que no se

esforzaron para evitar equivocarse o engañar, es más, a los que no les importó cómo abusaron de nosotros para conseguir un nombre para ellos, con el mismo respeto que debemos a aquellos que, aunque no encontraron la verdad, creyeron haberla hallado...

Los errores honestos han de distinguirse claramente de un fracaso en esforzarse. Lo que Boyle defendía era una desconfianza disciplinada, organizada de otros autores; esta era la consecuencia lógica de intentar descubrir no lo que dicen los libros, sino lo que «las propias cosas me predisponen a creer»⁵⁸⁹.

Boyle no discutió nunca de ajos e imanes, pero sí trató de la antigua creencia según la cual era imposible aplastar un diamante a menos que primero se lo hubiera reblandecido en sangre de cabra. Demasiado comedido para experimentar con uno de sus propios diamantes, buscó consejo de alguien que tuviera experiencia de primera mano:

A pesar de la maravillosa dureza de los diamantes (que se acaba de mencionar), no hay verdad en la tradición, como generalmente nos ha llegado, que representa a los

⁵⁸⁹ Boyle, *Certain Physiological Essays* (1669), 33 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 2, 29-30; y Boyle, *Certain Physiological Essays* (1661), 31, 27, 7 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 2, 28 (donde se transcribe equivocadamente *barely* (apenas) por *basely* (vilmente), 27, 13. Adviértase que a Boyle no le preocupa particularmente la condición social de sus testimonio, como le ocurriría si la autoridad estuviera en cuestión (contra Shapin, *A Social History of Truth*, 1994); lo que importa es que tienen conocimiento directo y suficiente pericia para no interpretar equivocadamente su experiencia. Adviértase también que aquí no estamos tratando de un empirismo peculiarmente inglés.

diamantes incapaces de ser rotos por una fuerza externa a menos que se hayan reblandecido al dejarlos en remojo en la sangre de una cabra. Porque encuentro que esta extraña afirmación la contradice la práctica frecuente de los cortadores de diamantes. Y en particular, habiendo preguntado a uno de ellos, al que le llevan gran abundancia de estas gemas para que el joyero y el orfebre las engasten, me aseguró que produce gran cantidad de su polvo para pulir diamantes, únicamente, batiendo diamantes de tabla (así los llaman) en un mortero de acero o hierro, y que de esta manera ha hecho fácilmente algunos cientos de quilates de polvo de diamante⁵⁹⁰.

La afirmación que la sangre de cabra ablandaba los diamantes le parecía extraña a Boyle, porque se había librado del viejo marco conceptual de la simpatía y la antipatía, según el cual había una simpatía natural entre la calamita y la sangre de cabra y una antipatía natural entre el diamante y la sangre de cabra. Pero todo lo que se precisaba para abolir este plan conceptual era una insistencia en la experiencia directa, en contraposición a la indirecta^{ccxxviii}.

El resultado de un tal enfoque, que a nosotros nos parece simple sentido común pero que en aquella época era revolucionario, fue

⁵⁹⁰ Boyle, *Experimenta et observationes physicæ* (1691), 30 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 11, 386.

una transformación en la fiabilidad del conocimiento⁵⁹¹. William Wotton, en sus *Reflections upon Ancient and Modern Learning* («Reflexiones sobre el conocimiento antiguo y moderno», 1694), lo plantea así:

Nullius in verba [«En la palabra de nadie», es decir, no acatar a ninguna autoridad]^{ccxxix} es no solo el lema de la ROYAL SOCIETY, sino un principio popular entre todos los filósofos de la época actual. Y por lo tanto, cuando hay descubrimientos nuevos que se han examinado y recibido, tenemos más razones para aceptarlos que las que había antes... De modo que, fuere lo que fuere que ocurriera antes, en esta época de consentimiento general especialmente después de un escrutinio largo y minucioso de las cosas consentidas, es un signo de la verdad casi infalible⁵⁹².

Aquí, de nuevo, nos enfrentamos a una de las condiciones de posibilidad de la nueva ciencia. Puedo seguir la pista de la aniquilación del pseudohecho de que el ajo quita el poder a los imanes hasta la experiencia directa de Della Porta; puedo hacerlo porque tengo a mano varios libros clave. Sé acerca de Garzoni porque su tratado, finalmente, ha sido publicado. En un

⁵⁹¹ Las mejores introducciones al mundo que existían antes de que el método científico se convirtiera en sentido común siguen siendo Febvre, *The Problem of Unbelief* (1982), publicada por primera vez en 1942; Koyré, «Du monde de "l'a-peu-près" à l'univers de la précision» (1971), publicada por primera vez en 1948; y Febvre, «De l'à peu près à la précision» (1950).

⁵⁹² Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), 233-234.

manuscrito, a las declaraciones de cultura a la experiencia no se les puede seguir la pista de esta manera. Plutarco no podía ir más allá del «nosotros» que le parecía lo bastante seguro; no podía señalar ninguna experiencia directa. Los libros impresos, al mejorar el acceso a la información, hicieron mucho más fácil establecer hechos y refutarlos. En el decurso de unos pocos años, la experiencia personal de Della Porta llegó a ser compartida con toda la Europa educada. Tal como escribió Wotton en 1694, «La imprenta ha hecho que el conocimiento sea barato y fácil»⁵⁹³. Al principio puede parecer extraño, pero fue la imprenta la que hizo posible favorecer el relato del testigo presencial sobre todos los demás, simplemente al poner a disposición una gama mucho mayor de relatos entre los que poder elegir⁵⁹⁴.

Lo que vemos cuando leemos a Della Porta es un momento de transición, no solo entre creencias antiguas y modernas, sino también entre una cultura de manuscritos, en la que la experiencia es inespecífica, indirecta y amorfa (y en la que un estafador como Della Porta puede tener la esperanza de salir bien parado con toda suerte de afirmaciones fantásticas; cuando murió dejó un manuscrito en el que afirmaba que había inventado el telescopio⁵⁹⁵), y una cultura de la imprenta, en la que la experiencia es específica, directa, documentada y recuperable. En una cultura de la imprenta

⁵⁹³ Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), 24; véase también Glanvill, *Plus ultra* (1668), 77-79.

⁵⁹⁴ Sobre la nueva cultura de testimonios presenciales, véase Frisch, *The Invention of the Eyewitness* (2004).

⁵⁹⁵ Della Porta, *De telescopio* (1962).

resulta posible aplicar los estándares peculiarmente elevados de un tribunal de justicia (el derecho romano o común) a cualquier cosa y a todo. En comparación con el mundo de la imprenta, la cultura del manuscrito es una cultura de rumores y chismes. La imprenta representa una revolución en la información, y los hechos seguros son su consecuencia.

El texto de Garzoni, con su invitación a comprobar el ajo y los imanes, existía únicamente, hasta 2005, solo en manuscrito. Sin embargo, parece que se escribió pensando en su publicación. Es esto lo que subyace a su decisión de declarar la guerra a «los falsos rumores y a las opiniones de algunos, basadas en fundamentos poco fiables y no contrastados»⁵⁹⁶. Lamentablemente, su éxito en demoler la supuesta antipatía entre el ajo y los imanes permaneció oculto a la historia hasta fecha muy reciente; es Della Porta quien estableció el nuevo hecho dentro del mundo del saber, no Garzoni.

Pero la imprenta, por sí sola, no explica la única autoridad que ahora se concede al testimonio presencial. En el mundo poscolombino y posgalileano, nadie podía discutir que descubrimientos importantes dependían únicamente en la corroboración de testigos presenciales⁵⁹⁷. Tal como vimos en el capítulo 3, el concepto mismo de descubrimiento dependía de la convicción de que podía haber nuevas experiencias, distintas a ninguna de las que había habido antes. Además, muchos

⁵⁹⁶ Garzoni, *Trattati della calamità* (2005), 94.

⁵⁹⁷ Adorno, «The Discursive Encounter of Spain and America» (1992).

descubrimientos los hicieron hombres de nivel social bajo, hombres como el mismo Colón, o Cabot, que había descubierto la variación de la brújula. Así, de pronto nos encontramos con que se les pide a marinos y joyeros que resuelvan disputas entre filósofos y caballeros. Bacon había visto claramente que esta era la dirección que la nueva filosofía había de tomar. Pero la revolución fue larga y lenta: si Garzoni señala su principio en la década de 1570 o de 1580, ni Browne en la de 1640 ni Boyle en la de 1660 señalan su final. Para nosotros, a quienes nos parece obvia la condición privilegiada del testigo ocular, esta gran revolución ha cesado de ser visible, y nos es casi imposible concebir que pudiéramos vivir en un mundo (un mundo que nunca fue real, sino siempre imaginario) en el que el ajo quitara el poder de las calamitas y la sangre de cabra reblandeciera los diamantes.

§ 4.

Kepler tenía muchos hechos, y Della Porta tenía uno o dos, pero ninguno tenía el término «hecho» en el sentido moderno. ¿De dónde procede este término? En 1778, Gotthold Kessing escribió un pequeño ensayo sobre la palabra alemana para «hecho», *Tatsache*: «El término todavía es joven —decía—. Recuerdo perfectamente la época antes que nadie lo usara»⁵⁹⁸. Pero la palabra misma, al menos en inglés, francés e italiano, no es nueva. Su origen es el verbo

⁵⁹⁸ Lessing, *Gotthold Ephraim Lessings Leben* (1793), vol. 3, 177-178 («Ueber das Wörtlein "Thatsache"»); *Grimms Wörterbuch* da 1756 como la fecha del primer uso de «Thatsache».

latino *facio*, «hago». *Factum*, el participio pasado neutro, significa «lo que se ha hecho». En toda Europa, dondequiera que se notara la influencia del derecho romano, la ley se ocupaba del *factum*: el acto, o el crimen. Así, «el hecho de Caín» fue el asesinato de Abel⁵⁹⁹. En *A buen fin no hay mal principio*, de Shakespeare, Elena dice:

*Ensayemos nuestro complot; que, si se apresura,
es trocar un hecho retorcido en una acción lícita
y un hecho lícito en un acto lícito,
ninguno de ellos es pecado,
pero el hecho es pecaminoso*⁶⁰⁰.

El juego de palabras depende aquí de «hecho», que es sinónimo a la vez de «acción» y «acto», pero también una palabra usada específicamente para acciones y actos ilícitos. Todavía empleamos este lenguaje (ahora algo arcaico) cuando hablamos de «un cómplice después del hecho», alguien que ayuda a un criminal una vez se ha cometido el crimen.

En Inglaterra, el jurado era el juez del hecho (¿Mató Joe a Tom? El jurado determinó si Joe hizo el acto); el juez era la autoridad en cuestiones de ley (¿Bajo qué circunstancias puede alguien matar a otra persona en defensa propia? ¿Está correctamente redactado este documento?) Se puede apelar contra la interpretación que el juez hace de la ley y sus instrucciones al jurado, pero no contra la

⁵⁹⁹ Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), 3.

⁶⁰⁰ III.vii.44-47.

determinación del hecho que hace el jurado⁶⁰¹. Cabe destacar que no hay nada natural acerca de esta concepción legal del hecho; era una construcción del siglo XIII, cuando se introdujo el jurado como sustituto del juicio por ordalía⁶⁰². Pero ello significaba que el hecho tenía una condición peculiar en la ley inglesa: una vez determinado, ya no se podía discutir. De ahí la característica peculiar de la palabra «hecho» en su uso moderno, según la cual un hecho (a diferencia de una teoría) siempre es cierto: los hechos son infalibles porque los jurados determinaban hechos y se consideraba que eran infalibles (o al menos incorregibles e indiscutibles, lo que equivale a lo mismo).

Entre el *factum* latino y el «hecho» del inglés moderno había una barrera que era necesario cruzar: un *factum* requiere un agente, un hecho no. La barrera es clara en principio, aunque en la práctica hay ambigüedades inevitables. Bacon (m. 1626), cuando escribía en un texto que se publicó póstumamente acerca de la capacidad de la imaginación para actuar sobre cuerpos, insiste en que es erróneo «confundir el hecho o efecto, y considerar precipitadamente que ya se ha efectuado, pues no se ha efectuado»⁶⁰³. Así, a menudo las brujas afirman ser responsables de acontecimientos que habrían ocurrido de todas formas. Aquí, un «hecho» es todavía una acción o un acto (aunque el *Dictionary* del Dr. Johnson de 1755, que cita a

⁶⁰¹ Daston y Park están, pues, equivocados al ver innovación en la distinción de Bacon entre los asuntos de hechos y los asuntos de criterio: Daston y Park, *Wonders and the Order of Nature* (1998), 230.

⁶⁰² Bartlett, *Trial by Fire and Water* (1986).

⁶⁰³ Bacon, *Sylva sylvarum* (1627), 243 = Bacon, *Works* (1857), vol. 2, 642.

Bacon, dice lo contrario⁶⁰⁴). Cuando Noah Biggs describe, en 1651, la manera en que los girasoles giran para seguir el sol lo llama un «hecho», pero también dice que es una «cosa hecha»; está tratando a los girasoles como agentes, con lo que él llama «instintos»⁶⁰⁵. Estira, pero ciertamente no quiebra, la tradición de que los hechos anticuados tienen agentes. Lo mismo ocurre un año más tarde cuando Alexander Ross, anteriormente capellán de Carlos I, discute un relato antiguo, que había contado Averroes y Thomas Browne había rechazado, de una mujer que quedó embarazada por bañarse en agua en la que antes que ella se habían bañado hombres; Ross piensa que aquí puede estar operando una atracción instintiva entre útero y semen⁶⁰⁶. Una segunda ambigüedad tiene lugar, como aquí, cuando se discuten acontecimientos históricos que apenas cuentan como acciones. Se consideraba que la historia se ocupaba de hechos: de cosas que la gente había hecho. En la entrada de su diario del 1 de septiembre de 1641, John Evelyn, que entonces se hallaba en Holanda, registra una visita «para ver el monumento de la mujer que se pretendía [se afirmaba] que había sido una condesa de Holanda y de la que se decía que había tenido tantos hijos en un parto como días tiene el año. Las jofainas en las que fueron bautizados estaban colgadas, junto con una prolija descripción del hecho en un marco tallado en la iglesia de Lysdun, un lugar

⁶⁰⁴ Johnson, en su *Dictionary*, se basa en un fragmento previo: «Estos efectos, que son provocados por la *percusión* del *sentido*, y por cosas en *hecho*, son producidos, asimismo, por la *imaginación*». Bacon, *Sylva sylvarum* (1627), 206 = Bacon, *Works* (1857), vol. 2, 598.

⁶⁰⁵ Biggs, *Mataeotechnia medicinae praxeos* (1651), 37.

⁶⁰⁶ Ross, *Arcana microcosmi* (1652), 132.

desolado». Aunque los nacimientos no son exactamente acciones, fácilmente se deslizan al ámbito de hechos históricos⁶⁰⁷.

¿Cuándo y cómo se inventó el lenguaje del hecho? Solo en fecha relativamente reciente pensaban los historiadores que había una respuesta clara a esta pregunta. Francis Bacon inventó el hecho: desde Bacon el hecho entró en el idioma inglés y fue adoptado por la Royal Society. Así, los historiadores empezaron a escribir acerca de «hechos baconianos»⁶⁰⁸. Siempre se ha pensado que la filosofía inglesa es peculiarmente empirista; por esta razón, parecía que Inglaterra hubiera creado e inventado la cultura del hecho^{ccxxxi}.

Lamentablemente, este relato no funciona. De manera crucial, el hecho no es inglés. Galileo y sus corresponsales discuten alegremente de hechos, pero hay usos italianos de mucho antes, de la década de 1570⁶⁰⁹. Según el conocimiento establecido, los franceses no descubrieron la nueva palabra hasta la década de 1660⁶¹⁰, y sin embargo Montaigne emplea *faict* para indicar hecho no menos de cinco veces, una de las cuales data de 1580 (antes de su viaje a Italia), y el resto es de 1588 (aparecen en tres ensayos cruciales: «Sobre el arrepentimiento», «Sobre la experiencia» y «Sobre los débiles»). Vale la pena señalar que en tres de estos cinco casos, Florio, que fue el primero en traducir Montaigne al inglés, creyó que

⁶⁰⁷ Evelyn, *The Diary* (1955), vol. 2, 38.

⁶⁰⁸ Daston, «Baconian Facts» (1994). Pero Daston no atribuye la palabra «hecho» a Bacon, a diferencia de Shapiro, «The Concept "Fact"» (1994), 15-16, que no consigue distinguir los usos en latín y en inglés.

⁶⁰⁹ Wootton, *Galileo* (2010), 99-100. Véase también Galilei, *Le opere* (1890), vol. 5, 389.

⁶¹⁰ Shapiro, *A Culture of Fact* (2000), 133-135.

debía extender el término inglés *fact* para que cubriera el significado del *faict* de Montaigne, pero en dos de ellos no pudo^{ccxxxii}. De forma parecida, Charron, el discípulo de Montaigne, en *De la sagesse (De la sabiduría)* emplea dos veces *faict* con el significado de hecho, pero en ninguno de ambos casos la traducción al inglés de Samson Lennard de 1608 entiende que debe usar el término inglés *fact*⁶¹¹. Podemos estar seguros que Montaigne y Charron no estaban solos: el *Thresor de la langue françoise, tant ancienne que moderne* («Tesoro de la lengua francesa, tanto antigua como moderna») de 1606, de Jean Nicot, contiene un par de ejemplos del nombre *fait* usado en el sentido moderno: *articuler faits nouveaux* puede referirse a nuevos actos o a nuevas cosas; «los hechos» pueden ser aquellas cosas, de manera bastante general, que respaldan un razonamiento⁶¹².

Tampoco el término «hecho» es baconiano. Bacon no emplea nunca esta palabra en su sentido moderno en inglés impreso, y utiliza *factum* tres o quizá cuatro veces en texto impreso, pero el texto crucial, el *Novum organum* de 1620, no se tradujo al inglés a tiempo de tener ninguna influencia⁶¹³. La incapacidad de Bacon (o, tanto da, de Florio) para introducir la palabra «hecho» en el inglés

⁶¹¹ Véase también el uso de Roberval de «fait» con el significado de «hecho» dos veces en un fragmento sin fecha: Pascal, *Oeuvres* (1923), 49-51 (Roberval murió en 1675, lo que establece un término *ante quem*). El texto puede ser de 1648.

⁶¹² <http://artfl-project.uchicago.edu/content/dictionnaires-dautrefois>; hay que buscar en *faire*.

⁶¹³ Serjeantson, «Testimony and Proof» (1999), n. 84, ofrece dos ejemplos: Bacon, *Works* (1857), vol. 1, 402, vol. 3, 736. A estos puede añadirse: vol. 3, 775, y quizá vol. 1, 210 (donde es evidente que el uso es metafórico).

cotidiano es tan clara como el agua a partir de la incapacidad de Browne para usar la palabra en su sentido impersonal a pesar de su familiaridad con Montaigne y Bacon, su amor por los idiomas de origen latino y su evidente necesidad de una palabra (que no fuera «guijarros») para describir sus armas de guerra. Por lo que a Browne respecta, la palabra que necesitaba no existía.

§ 5.

El hombre con méritos mucho más evidente que Bacon por haber introducido la palabra «hecho» en inglés es Thomas Hobbes, quien discute sobre los hechos en la primera parte de sus *Elements of Law, Natural and Politic* (*Elementos de Derecho Natural y Político*), escritos en 1640 (pero no publicados hasta 1650, con el título *Humane^{ccxxxiii} nature* («Naturaleza humana»^{ccxxxiv})). Hobbes había sido secretario de Bacon, pero también (según Aubrey) había conocido a Galileo, al que sin duda admiraba; cualquiera de los dos pudo estar detrás del uso del término «hecho». Hobbes hizo circular los *Elements* entre sus amigos, de modo que la palabra aparece impresa por primera vez en inglés en su sentido moderno en un texto escrito por uno de los amigos de Hobbes: aquel manojito de contradicciones (porque era protestante y católico, aristotélico y atomista, realista fiel y amigo de Cromwell) que era sir Kenelm Digby. En su libro sobre la inmortalidad del alma, publicado en París en 1644, Digby explica que las fantasías que las mujeres tienen mientras realizan el acto sexual pueden afectar al aspecto de los hijos; así, si la mujer piensa en su amante como un oso puede tener un bebé peludo.

Podemos establecer «la veracidad del hecho», dice, sin tener conocimiento de la causa⁶¹⁴.

Posteriormente, en 1649, aparece una traducción de un libro de Jan Baptist van Helmont sobre el bálsamo del arma (un unguento que cura heridas cuando se aplica no al cuerpo, sino al arma), un libro publicado por primera vez en latín en 1621 y ahora traducido con una larga introducción de Walter Charleton, amigo de Digby. Charleton es bien consciente de que el uso del término «hecho» es insólito: la primera vez que lo introduce (en el prefacio) lo parafrasea con una frase en latín, *de facto*; la segunda vez, con una palabra griega, *hoti*^{ccxxv615}.

⁶¹⁴ Digby, *Two Treatises* (1644), 330.

⁶¹⁵ «Entre nuestros *divino* y *médico*, no hay en absoluto ninguna disputa *de facto*, acerca de la verdad del *hecho*; porque ambos conceden unánimemente la cura que hay que proporcionar a la persona herida. La discordia reside únicamente en esto: que el *médico* afirma que esta cura magnética es puramente *natural*, pero la voluntad *divina* necesita que sea *satánica*» (Helmont y Charleton, *A Ternary of Paradoxes*, 1649, 4); «Inter theologum & medicum non est quaestio facti» (Helmont, *Ortus medicinae* (1652), 595b); «Sé de una *hierba*, común y evidente, que si es restregada y mantenida en tu mano, hasta que se caliente, puedes sostener la mano de otra persona, hasta que también esta se caliente, y esta persona experimentará continuamente un amor ardiente, y tendrá preferencia por tu persona, durante muchos días. Sostuve en mi mano, bañada primero por el vapor de esta planta que proporciona amor, el pie de un *perro*, durante algunos minutos. El perro, renunciando por completo a su antigua ama, me siguió al instante, y me cortejó de manera tan ardiente que por la noche aullaba de manera tan lastimosa a la puerta de mi habitación, que tuve que abrirla y dejarle entrar. Ahora hay algunas personas que viven en Bruselas, que fueron mis testigos, y que pueden atestiguar la verdad de este hecho» (14); «Adsunt Bruxellae mihi hujus facti testes» (599a); «Puesto que he proporcionado sinceramente ejemplo del *hecho*, en *Sublunaries*, y he sacado a la luz muchos *casos*, y muy pertinentes, como el de la *aromática* interpolada o injertada, de la *matacaballos*, de la *artemisa*, del *ásaro*, y de muchas otras *hierbas*» (35); «Siquidem in sublunaribus exempla facti» (604b); «Porque es una acción de petulancia insolente de quienquiera que niegue la *contingencia* de este *hecho*, que es en todas partes tan trivial y frecuente, que apenas puede escapar de la observación de la gente» (35); «Idcirco inseolentis est petulantiae, negare facti esse» (604b)

Después de estas obras de los amigos de Hobbes vino su *Humane nature* (la primera parte de los *Elements*) en 1650. Aquí Hobbes distingue entre dos tipos de conocimiento: la ciencia, que trata, como posteriormente diría Hume, de la relación entre ideas; y lo que denomina prudencia, que trata de hechos. Y Hobbes se atiene en otros aspectos (aparte de su uso innovador de la palabra «hechos») a un vocabulario anticuado: el conocimiento de los hechos procede del testimonio y de señales (que nosotros llamaríamos evidencia; hemos visto la traducción inglesa de Della Porta que las llama «huellas», como huellas de pisadas), mientras que el conocimiento de los conceptos está acompañado por lo que él llama «evidencia» (que nosotros llamaríamos comprensión). Después viene un libro escrito en París pero publicado en Inglaterra, el *Leviathan* de Hobbes (1651), un texto que fue ampliamente leído y muy influyente, pero al que pocos pensadores quisieron reconocer su deuda porque por lo general se consideraba que era endiabladamente ateo. Aquí, por primera vez en inglés, se nos dice que hay hechos históricos (las acciones de hombres y mujeres), que son objeto de la historia civil, y hechos naturales, objeto de la historia natural^{ccxxxvi}. Y, porque Hobbes es, ante todo, consistente, el mismo vocabulario aparece en su *Of Libertie and Necessitie (Sobre la libertad y la necesidad)* de 1654⁶¹⁶.

Solo he podido encontrar un uso no ambiguo del término «hecho» impreso en inglés antes de 1658, además de estos tres autores; se

⁶¹⁶ Hobbes, *Leviathan* (1651), 21, 30-31, 40, 200; Hobbes, *Of Libertie and Necessitie* (1654), 75.

halla en una obra titulada *The Modern States-Man* («El hombre de estado moderno»), de G. W., publicada en 1653. Lamentablemente, no podemos identificar a G. W. con un mínimo de fiabilidad, pero lo más probable es que hubiera leído a Hobbes⁶¹⁷. Los usos ambiguos de Noah Biggs y Alexander Ross, comentados anteriormente, siguen también a la publicación de la *Humane nature* de Hobbes. Así pues, ¿de dónde obtuvieron los tres amigos, Hobbes, Digby y Charleton, la idea del hecho? La respuesta correcta, así lo sospecho, es que de varios lugares. Hobbes, como hemos visto, conocía a Bacon y a Galileo. Digby escribía en Francia, pero también hablaba italiano como un nativo, aunque esto por sí solo no puede haber sido una condición suficiente para emplear la nueva palabra, o lo encontraríamos en William Harvey y Thomas Browne, ambos educados en Padua. Los tres, Hobbes, Digby y Charleton, habían leído mucho en común, lecturas que con seguridad incluían a Montaigne, Galileo y Bacon. Pero hay una fuente de la que no podemos dudar: la fuente latina de Charleton, Van Helmont, utilizaba *factum* para indicar «hecho» (aunque Charleton utilizaba «hecho» cuando hablaba en su propia voz y no simplemente cuando traducía el latín de Van Helmont).

Hasta aquí, lo que hemos aprendido es esto: hubo hechos en italiano, francés y latín antes de que hubiera hechos en inglés; y el papel clave en la introducción del término «hecho» en el idioma inglés no lo desempeñó Bacon, sino Hobbes. Hay una deliciosa

⁶¹⁷ El EEBO supone que se trata de George Wither, pero esto me parece improbable.

ironía en ello porque Hobbes creía que el conocimiento factual era un tipo de conocimiento realmente inferior, y que la ciencia consistía únicamente en conocimiento deductivo. El pensamiento de Hobbes es claro: podemos definir hechos como necesariamente ciertos, y decir que algo que se considera equivocadamente un hecho no es un hecho en absoluto, pero los errores son frecuentes; los supuestos hechos a menudo no son hechos. Y cuando intentamos sacar conclusiones a partir de los hechos a menudo nos perdemos porque hemos entendido mal su importancia. Hobbes incluso esbozó lo que posteriormente se convertiría en los problemas clásicos de la inducción: el de Hume, según el cual de que el sol haya salido cada mañana no se sigue que salga mañana; y el de Popper, según el cual porque todos los cisnes que uno ha visto sean blancos, de ahí no se sigue que no existan cisnes negros (de hecho los hay, en Australia), con el fin de mostrar las limitaciones de razonamientos a partir de los hechos⁶¹⁸. Hobbes fue el primer filósofo serio del hecho porque comprendía los hechos, pero no se fiaba de ellos.

La siguiente contribución importante a la filosofía del hecho se produjo en 1662, con la publicación de *La logique ou l'art de penser* (*The Logic of Port-Royal*) [*La lógica, o el arte de pensar (La lógica de Port-Royal)*]. Los cuatro capítulos finales de dicha obra, aparentemente compuestos después de 1660 y escritos

⁶¹⁸ Hobbes, *Humane Nature* (1650), 31-41; cf. Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 31, 47-48; y Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661), 189-193.

probablemente por Antoine Arnauld, son famosos por haber esbozado por primera vez la moderna teoría de las probabilidades; también son la primera discusión extendida en francés del concepto del «hecho», porque aquí los hechos se definen como acontecimientos contingentes, y los acontecimientos contingentes son más o menos probables. Así, «el día de Navidad nevó» es perfectamente creíble si es una declaración sobre Sídney, Nueva Escocia, pero es sospechoso si es una declaración sobre Sydney, Nueva Gales del Sur. ¿De dónde obtuvo Arnauld su idea del hecho? No de Hobbes, cuyas discusiones clave del tema se hallaban disponibles entonces solo en inglés. La preocupación de Arnauld con el hecho se desarrolló a partir del gran debate sobre si el jansenismo, del que Arnauld era el faro guía, era herético. Después de 1653 este debate giraba sobre la cuestión de si las cinco proposiciones jansenistas condenadas por el papa como heréticas, se encontraba o no en el *Augustinus [Agustín]* de Jansen. El papa, argumentaba Arnauld, tenía autoridad en asuntos *de jure*, pero no en asuntos *de facto*. Sobre la cuestión crucial del hecho, de si las proposiciones estaban contenidas en el libro (y era un hecho más que un acto, porque Jansen difícilmente habría pretendido situar en su obra proposiciones que todavía no se habían formulado), el papa estaba simplemente equivocado, y todavía se podía defender la enseñanza del *Augustinus* adecuadamente interpretado, al tiempo que se aceptaba la autoridad del Papa para condenar las cinco proposiciones. En el curso de este debate, y con el ejemplo de Montaigne a mano, Arnauld reinventó la idea del hecho^{ccxxxvii}.

Siguiendo el ejemplo de Arnauld, Blaise Pascal publicó su propia defensa del jansenismo en 1657. Escritas mientras se hallaba oculto de las autoridades y publicadas bajo el pseudónimo «Louis de Montalte», las *Lettres provinciales (Cartas provinciales)*, que al principio se publicaron de una en una, en imprentas ilegales, contenían frecuentes usos del término para «hecho» en su sentido moderno^{ccxxxviii}. También eran brillantes y divertidas, y devastadoras para los jesuitas, a los que iban dirigidas. El texto fue rápidamente traducido al inglés, y publicado primero en 1657 y después en una edición ampliada en 1658⁶¹⁹. La traducción la organizó Henry Hammond, un clérigo realista, pero el libro no pasó desapercibido entre los miembros de la Royal Society: John Evelyn tradujo una secuela, *Another Part of the Mystery of Jesuitism* («Otra parte del misterio del jesuitismo»), que apareció en 1664⁶²⁰. En las *Lettres provinciales*, la palabra «hecho», y en particular la frase «cuestión (cuestiones) de hecho» aparece continuamente, docenas de veces. «Cuestiones de hecho», en oposición a cuestiones de ley y de fe, se convierte en un eslogan intelectual y en una poderosa arma política. Pascal no había empleado nunca el término «hecho» en su sentido moderno en sus escritos científicos, pero ahora (aunque es muy poco probable que sus lectores ingleses supieran la verdadera identidad de Louis de Montalte) le había conferido respetabilidad

⁶¹⁹ Pascal, *Les Provinciales, or, The Mysterie of Jesuitisme* (1657); y Pascal, *Les Provinciales, or, The Mystery of Jesuitisme* (1658).

⁶²⁰ Keynes, *John Evelyn, a Study in Bibliophily* (1937), 119-124; Jansen, *De Blaise Pascal à Henry Hammond* (1954).

como la palabra indispensable necesaria en cualquier ataque contra la opinión popular o en cualquier disputa con la autoridad establecida.

§ 6.

Esto complica nuestro relato principal, la diseminación de la idea del hecho en Inglaterra. Hasta ahora, mi argumento ha sido que el caso índice (en el lenguaje de los epidemiólogos) es la circulación en manuscrito de los *Elements* de Hobbes, y que la palabra «hecho» se extiende desde aquí, primero entre los amigos de Hobbes y después de manera un poco más general. Pero si observamos la Inglaterra de 1658, el año en que Cromwell muere, los hechos están ahora acabados de establecer en el lenguaje, no gracias a los amigos de Hobbes, sino a Pascal. También fue en 1658, en un texto publicado primero en francés pero traducido al inglés inmediatamente después, donde sir Kenelm Digby, volviendo a la cuestión del bálsamo del arma, dio una definición clara del nuevo uso:

En cuestiones de hecho, la determinación de la existencia, y la verdad de una cosa, depende del informe que nuestros sentidos nos hacen. Este asunto es de esta naturaleza, porque los que han visto los efectos, y han tenido experiencia de los mismos, y han sido cuidadosos para examinar todas las circunstancias necesarias, y posteriormente se han satisfecho porque no hay ninguna impostura en la cosa, no dudan de que sea otra cosa que real y verdadera. Pero los que no han visto dichas

*experiencias debieran referirse a las narraciones y la autoridad de los que han visto tales cosas*⁶²¹.

¿Se hacía eco Digby aquí de Hobbes o de Pascal? No podemos decirlo.

Originalmente, el bálsamo del arma es un ungüento aplicado al arma que ha causado una herida y de esta manera cura la herida. Una receta implica aceite de oso, grasa de jabalí, momia pulverizada (como en momia egipcia) y musgo que haya crecido sobre una calavera. Della Porta da su receta: «Tomad musgo que crezca sobre la calavera de un hombre muerto, que no haya sido enterrado, dos onzas, otras tantas de la grasa de un hombre, media onza de momia, y sangre de hombre; de aceite de linaza, trementina y arcilla armenia, una onza; majarlo todo en un mortero, y mantenerlo en un vaso largo y estrecho»⁶²². Vale la pena hacer notar que Van Helmont provocó la furia de los jesuitas, sus correligionarios, al sugerir que el cráneo de un jesuita sería ideal; se mostraba hostil hacia los jesuitas porque tenían pocas dificultades en persuadir a la gente para que creyera en sus milagros, mientras que los propios hechos científicos de Van Helmont eran acogidos con escepticismo. Digby proponía un polvo químico mucho más sencillo que podía disolverse en agua y que se podía llevar fácilmente a la batalla.

⁶²¹ Digby, *A Late Discourse* (1658), 4.

⁶²² Della Porta, *Natural Magick* (1658), 229. Véase Hedrick, «Romancing the Salve» (2008), 162 n. 5; y McCord, «Healing by Proxy» (2009).

Debido a que el bálsamo del arma implicaba acción a distancia, desafiaba un principio fundamental de la física aristotélica: que la acción requiere contacto. Van Helmont, Charleton y Digby aducían que esto no era impedimento para una cura efectiva; querían redescubrir el bálsamo del arma como «magnético» porque el imán proporciona un caso paradigmático de acción a distancia. Su declaración fundamental es que, aunque algunos argumentan que tales casos son milagrosos o demoníacos, en realidad son perfectamente fáciles de reproducir. Tal como Charleton escribió en 1649, no tuvo otra elección que creer:

*... hasta que se permita que mi escepticismo sea tan insolente, como para enfrentarse a la evidencia de mi propio sentido, y cuestione la veracidad de algunas relaciones, cuyos autores son personas de una tal integridad confesa, que sus simples testimonios obligan a mi fe, igual que la mayor de las demostraciones. Entre otros muchos experimentos, que he hecho yo, seleccionaré y relataré solo uno, que es el más amplio y pertinente...*⁶²³

Y sigue informando de una prueba en la que el ungüento lo aplicó un clérigo escéptico, de modo que no pudiera haber sospecha ni de engaño ni de implicación demoníaca. Así, se iba a llevar el bálsamo del arma a la esfera de la ciencia experimental, y se iban a

⁶²³ Helmont y Charleton, *A Ternary of Paradoxes* (1649), d1r. El cambio de opinión de Charleton se suele atribuir a una conversión al mecanicismo; esto lo pone en duda Lewis, «Walter Charleton and Early Modern Eclecticism» (2001).

naturalizar los hechos extraños. Hay una profunda ironía en el hecho de que la idea de conocimiento factual fue promovida por primera vez no, como algunos han creído, para ayudar a interpretar los experimentos de la bomba de vacío de Boyle, sino para convencer a los escépticos de la eficacia real del bálsamo del arma^{ccxxxix}.

En 1654, Charleton, al que conocimos antes como traductor de Van Helmont, se había convertido en uno de los escépticos insolentes. Anunció que había cambiado de idea acerca del bálsamo del arma. Tenía tres objeciones para ello: la teoría subyacente era incoherente (¿por qué no curaba el unguento cualquier herida en sus inmediaciones?); la afirmación de que funcionaba tenía que ponerse a prueba comparando un grupo tratado con el bálsamo del arma con un grupo control que no había sido tratado con el fin de establecer que funcionaba mejor que ningún tratamiento en absoluto; y, en cualquier caso, su supuesta eficacia era, ahora lo sospechaba, una ilusión, porque se había informado ampliamente de las ocasiones en las que parecía tener éxito, mientras que sus fracasos se habían perdido en el olvido:

Muchos de tales relatos [de sus éxitos] pueden ser fabulosos; y si los diversos casos o experimentos de sus fracasos se sumaran y alegaran lo contrario, sin duda superarían por excesos incomparables a los de sus éxitos, y pronto inclinarían la mente de los hombres a sospechar

*por lo menos un error, si no una impostura, en sus inventores y patrocinadores*⁶²⁴.

Los hechos que previamente lo habían convencido parecían ahora simples casos aleatorios. El principio en cuestión era claro: los hechos naturales han de ser replicables y reproducibles si es que tienen que contar como casos. Podemos ver aquí en miniatura cómo la idea del hecho era inseparable de las cuestiones de evidencia y probabilidad. Y, desde luego, cuando la replicación se convirtió en la prueba, los hechos históricos, que antaño habían parecido tan sólidos y fiables, empezaron a ser cada vez más frágiles y tenues.

De manera relativamente rápida, en los cinco años posteriores a la publicación del *Mystery of Jesuitisme* de Pascal (1657) y del *Late Discourse* («Discurso tardío») de Digby (1658), en lo que este denominó el polvo de la simpatía, el término «hecho», en su nuevo sentido, se naturalizó en el idioma inglés. Este es un momento análogo en inglés a la revolución que cien años más tarde Lessing vivió en el alemán; y el éxito extraordinario del *Discourse* de Digby (tuvo veintinueve ediciones) pudo haber tenido mucho que ver en ello. Pero es seguro que las *Lettres provinciales* de Pascal tuvieron una influencia todavía mayor. Antes de 1658, los ejemplos del uso del término son tan pocos y tan espaciados que se puede dudar razonablemente que existiera en inglés excepto en un sentido metafórico o extendido o como un idiolecto privado. Después de

⁶²⁴ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 380-382.

1663, los hechos están en todas partes. En Alemania, la cultura del hecho se creó en la década de 1770; en Inglaterra y Francia tuvo lugar en los primeros años de la década de 1660.

En Inglaterra, el hecho no solo se convirtió en algo común desde el punto de vista lingüístico; también quedó arraigado institucionalmente, porque el objetivo oficial de la Royal Society era establecer nuevos hechos. Según sus estatutos de 1663:

En todos los informes de experimentos que se aporten a la Society, los hechos tienen que ser enunciados de manera básica, sin prefacios, apología o florituras retóricas; e introducidos así en el Libro de registro, por orden de la Society. Y si algún miembro creyera adecuado sugerir alguna conjetura, relacionada con las causas de los fenómenos de tales experimentos, esta tendrá que hacerse por separado; y así introducida en el Libro de registro, si la Society ordenara dicha introducción⁶²⁵.

Aquí se establece de nuevo la distinción fundamental entre hechos y explicaciones, que se remonta a Montaigne y más allá. Cuando la Royal Society adoptó como lema *nullius in verba* no se comprometía con el escepticismo sobre los hechos (la experiencia destilada en palabras), sino acerca de las conjeturas relacionadas con las causas de fenómenos intrínsecamente maleables que había sido la empresa fundamental de la filosofía natural escolástica. La sociedad no iba a

⁶²⁵ Weld, *A History of the Royal Society, with Memories of the Presidents* (1848), vol. 2, 527.

someterse a la palabra de ninguna autoridad, sino que se atendería a los hechos. *Nullius in verba* implicaba que los hechos no son palabras sino cosas capturadas en la red del lenguaje, como peces en una red de pescar. Así, cuando Sprat escribió lo que de manera algo engañosa tituló *The History of the Royal-Society* (una obra que empezó a escribir en 1663, cuando la sociedad tenía tres años de edad, y publicó en 1667), a los hechos se les dio un papel principal. Los hechos, insistía, han de vencer siempre a la autoridad, no importa lo antigua que sea; y los hechos eran la única preocupación de la Society: «Solo tratan de asuntos de *hecho*»⁶²⁶.

¿Cómo entró el hecho en la corriente principal de la vida intelectual de habla inglesa? Lo primero que hay que señalar es que no todo el mundo fue rápido a la hora de adoptarlo: por ejemplo, no hay hechos en la *Micrographia* de Hooke o en la *Optikcs* de Newton (ambas se basan en el término «observaciones»⁶²⁷). Más sorprendente, quizá, es que no haya hechos en los *New Experiments* de Robert Boyle, de 1660, su primera narración de los experimentos con la bomba de aire, solo fenómenos. En *Leviathan and the Air-pump*, Steven Shapin y Simon Schaffer han argumentado que la producción de hechos se halla en el núcleo del método experimental de Boyle: la bomba de aire es una máquina para crear hechos. Pero este no es el caso en los *New Experiments*. Boyle ya estaba familiarizado con el término inglés «fact» en su uso moderno; lo

⁶²⁶ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 47-48, 70; también 73, 99, 359.

⁶²⁷ Pomata, «Observation Rising: Birth of an Epistemic Genre, 1500-1650» (2011).

había empleado en 1659 en una carta introductoria de una obra breve sobre la preservación de especímenes anatómicos (y su hermana la utilizó en una carta a finales de aquel año⁶²⁸). La empleó tres veces en el *Sceptical Chymist* («El químico escéptico») de 1661, ocho veces en los *Physiological Essays* del mismo año (ambos textos se escribieron un cierto tiempo antes de ser publicados), y aparece finalmente en el contexto de sus experimentos de vacío en su *Defence of his New Experiments* («Defensa de sus nuevos experimentos») en 1662. Esto sugiere que a Boyle le llevó un cierto tiempo pensar en la palabra «hecho» como un término respetable para ser usado en la filosofía natural cuando se enfrentaba a escolásticos y cartesianos. Por ejemplo, no era una palabra que Pascal, su gran predecesor, hubiera usado cuando escribía acerca de sus experimentos de vacío (a los que llegaremos en el capítulo siguiente). El *Sceptical Chymist* y los *Physiological Essays* eran obras muy influidas por Van Helmont; a esta nueva terminología le tomó algún tiempo pasar de los temas discutidos por los seguidores de Paracelso, los iatroquímicos, a los discutidos por los matemáticos. Parece como si al principio Boyle quisiera mantener separados estos dos lados de su vida intelectual, al igual que sus vocabularios diferentes. Pero el término pronto se puso de moda, y en 1662 ya no pudo resistirse más.

§ 7.

⁶²⁸ De Bils, *The Copy of a Certain Large Act* (1659), A2v = Boyle, *The Works* (1999), vol. 1, 43; Boyle, *The Correspondence of Robert Boyle, 1636-1691* (2001), vol. 1, 396. (Debo esta referencia a Michael Hunter).

¿Qué hizo que la palabra «hecho» fuera respetable en el inglés filosófico? El argumento estándar es que el hecho se hizo importante en la década de 1660 porque representaba una manera de terminar (o de evitar) los debates; en una sociedad que había sido desgarrada por la guerra civil, los filósofos naturales estaban deseosos de identificar un camino al acuerdo, un final de la disputa⁶²⁹. Estoy seguro de que esto es verdad; ciertamente Joseph Glanvill insiste en *The Vanity of Dogmatizing* («La vanidad de dogmatizar», 1661) en que un mérito clave de la nueva filosofía es que pondrá fin a los debates, aunque en Francia, como hemos visto, la palabra «hecho», lejos de terminar el debate sobre el jansenismo se vertió como gasolina en las llamas. Los hechos pueden provocar disputas al igual que zanjarlas.⁶³⁰ En cualquier caso, hasta aquí mi narración da lugar a una historia más local. Hobbes quedó fuera de la Royal Society (hay una extensa literatura sobre el porqué⁶³¹), pero Digby, Charleton y Boyle, todos ellos lectores de Van Helmont, figuran entre sus primeros miembros. Una explicación sencilla sería que el término «hecho» adquirió su importancia como resultado de su influencia; si los miembros iniciales hubieran sido algo distintos, los científicos podrían estar todavía discutiendo acerca de «fenómenos», no de «hechos», y el hecho solo hubiera entrado en el inglés, como entró en el alemán, en el siglo XVIII.

⁶²⁹ Por ejemplo, Poovey, *A History of the Modern Fact* (1998), 112-115.

⁶³⁰ Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661), 159-168.

⁶³¹ Malcolm, *Aspects of Hobbes* (2002), 317-335.

Pero si Hobbes fue excluido de la Society, ¿no podría haber sido excluida también la palabra «hecho»? ¿No era una palabra peligrosa, demasiado estrechamente conectada con Hobbes y con los relatos dudosos acerca de magia simpática que contaba Digby, alguien a quien John Evelyn, otro de los miembros iniciales, podía descartar como un charlatán absoluto⁶³²? ¿No era acaso una palabra, gracias a Pascal, irremediabilmente asociada con polémicas religiosas del tipo que los miembros de la Royal Society estaban determinados a evitar? La respuesta sencilla a ello puede ser que los miembros de la Royal Society estaban familiarizados con el uso del término en latín por parte de Bacon. Sin embargo, no hay señal alguna (ni el menor fragmento de evidencia) de que esto los hubiera sorprendido, y Sprat se apartó de su camino para criticar el acercamiento insuficientemente crítico de Bacon a cuestiones de evidencia⁶³³. Bacon no era su modelo.

Hay otra posible razón por la que la palabra «hecho» se hizo respetable de buenas a primeras. A finales de 1661, Thomas Salusbury, el bibliotecario del marqués de Dorchester publicó el primer volumen de sus *Mathematical Collections and Translations* («Colecciones y traducciones matemáticas»), que contenía las primeras traducciones al inglés del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* de Galileo, sus *Due nuove scienze* y su «Carta a Cristina de Lorena». El libro es raro, y presumiblemente tuvo pocos

⁶³² Hedrick, «Romancing the Salve» (2008), 184.

⁶³³ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 36.

lectores, pero estos pocos habrían encontrado frecuentes casos del término «hecho» en las traducciones de Salusbury, en particular en la «Carta». A principios de aquel año, Joseph Glanvill publicó su *The Vanity of Dogmatizing*, en la que criticaba a Hobbes pero alababa a Digby, y en el proceso asumía su empleo de la frase «cuestión de hecho»⁶³⁴. También adoptó de las *Two New Sciences* las paradojas de Galileo en relación al movimiento de una rueda, y resumió los argumentos de Galileo en favor de una Tierra en movimiento, y apremió a los lectores interesados a leer por sí mismos el *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*; puesto que los ejemplares de la edición en latín del *Dialogus* eran notablemente difíciles de obtener y los de la edición italiana eran una rareza propia de coleccionistas, Glanvill era probablemente consciente de que estaba a punto de aparecer una traducción al inglés, e incluso se le podían haber enseñado las traducciones de Salusbury. Pudo haber sido Galileo, en las traducciones de Salusbury, lo que hizo respetable el uso de Digby⁶³⁵.

Al igual que Glanvill, los miembros de la Royal Society estaban, naturalmente, interesados en Galileo. Charleton había extraído material extensamente de su obra en su defensa de la filosofía natural epicúrea, la *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* («Fisiología epicúreo-gassendo-charletoniana») de 1654. Boyle estaba

⁶³⁴ Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661), 207.

⁶³⁵ Salusbury (ed.), *Mathematical Collections* (1661), vol. 1: 240, 413, 428, 445 (dos veces), 455; vol. 2: 57; y *de facto*, que, como «hecho» ha adquirido un sentido nuevo: vol. 1, 21, 161, 367, 376, 401, 455.

desesperado por demostrar que placas de mármol pulidas cesarían de adherirse en un vacío, porque esto es lo que había dicho Galileo⁶³⁶. Evelyn registró una sugerencia de que la Society podría adoptar como su escudo de armas una representación de un par de telescopios cruzados coronados por los planetas mediceos⁶³⁷. John Wilkins, que originalmente compartió con Henry Oldenburg el papel de secretario de la Society, fue el autor de dos obras que argumentaban que la luna es como la Tierra, y que la Tierra es un planeta. Fue Wilkins quien supervisó la *History* de Sprat, en la que se informa extensamente de los descubrimientos de Galileo^{ccxi}.

Así, las *Mathematical Collections* de Salusbury pueden haber sido esenciales para el éxito de la palabra «hecho»; la rescataron de Hobbes y Van Helmont, del bálsamo del arma y del polvo de simpatía, de los bebés peludos y de los nacimientos virginales. También la rescataron de Pascal y de las disputas religiosas. La hicieron respetable. La respuesta a la pregunta «¿A quién debemos la palabra “hecho” en inglés?» es por lo tanto, quizá a Montaigne, Galileo, Bacon y Van Helmont (aunque escribieron en francés, italiano y latín); ciertamente a Hobbes, Digby y Charleton; evidentemente a Pascal; y, finalmente, quizá a Salusbury, en tanto que traductor de Galileo. Es esta herencia compleja y ambigua la que la Royal Society adoptó cuando escribió la palabra en sus

⁶³⁶ Boyle, *New Experiments Physico-mechanical* (1660), 229-232 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 1, 238-239; Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche* (1638), 12.

⁶³⁷ Hunter, *Establishing the New Science* (1989), artículo 14, 42 (pero la parte superior no muestra «la tierra y los planetas», sino Júpiter y sus lunas, descubiertas por Galileo).

Estatutos. ¿Y cuál fue el papel de Boyle en todo esto? Como Digby y Charleton, era un lector de Van Helmont, de modo que la palabra «hecho» le llegó naturalmente. A diferencia de ellos, Boyle no era un pionero en el uso de la nueva palabra, y esperó a que se hubiera hecho respetable antes de extender su uso a nuevos campos. En esta área fue, a lo que parece, un seguidor, no un líder.

De modo que la palabra «hecho» en su sentido moderno se torna respetable en inglés solo después de 1661, mientras que en francés fue al principio un término asociado particularmente con el jansenismo. Si no hubiera sido por Digby y Charleton, que se hallaron en el lugar apropiado en el momento apropiado, si no hubiera sido por la rápida traducción de Pascal, y si no hubiera sido por la traducción de Galileo que hizo Salusbury, podría no haber habido cultura del hecho en Inglaterra durante otros cien años: no había ninguna garantía de que los ingleses se hubieran obsesionado por los hechos un siglo antes que los alemanes. Asimismo, si no hubiera sido por el debate acerca de *Augustinus*, los franceses podrían haber permanecido en el antiguo mundo de la prueba y la persuasión, la deducción y la experiencia, la verdad y la opinión. Y sin el hecho, la nueva idea de que el conocimiento se basa en la evidencia, no en la autoridad, podría haber recibido únicamente el tipo de respaldo inconsistente y poco fiable que hemos visto que recibía de Della Porta.

Pero las palabras son una cosa, y los conceptos otra. La palabra «hecho» nos dice muy poco acerca del establecimiento y refutación de hechos. En astronomía esto es cierto; pero en todos los demás

campos de la investigación científica el término consolida una revolución conceptual⁶³⁸.

Según los principios convencionales de la educación en el Renacimiento, había fundamentalmente dos tipos principales de argumentos: argumentos a partir de la razón y argumentos a partir de la autoridad. Había varios tipos de argumentos reunidos bajo el epígrafe general de «autoridad»: argumentos procedentes de «la costumbre, la opinión pública, la antigüedad, el testimonio de los duchos en su propio arte, el juicio de los sabios, o de los más, o de los mejores»⁶³⁹. Así, cuando en 1651 Pascal esbozó una introducción a su tratado inconcluso sobre el vacío, empezó distinguiendo dos tipos de conocimiento: razón y autoridad. ¿Cómo sabemos los nombres de los reyes de Francia a través de la historia? A partir de la autoridad: los testimonios documentales se clasifican bajo la autoridad. Después, de repente, e inesperadamente, introduce la experiencia del sentido como un adjunto de la razón (aunque algunos autores habían clasificado los sentidos bajo la autoridad). Así, las decisiones acerca de la existencia de un vacío deberían hacerse no apelando a la autoridad, sino sobre la base de la experiencia del sentido y de la razón. ¿Dónde encaja el testimonio del mismo Pascal para el resultado de sus experimentos? No lo dice. Encontramos exactamente la misma confusión en Browne. Quiere atacar a la autoridad, y por ello apela naturalmente contra la

⁶³⁸ Esta revolución está muy bien descrita en Serjeantson, «Testimony and Proof» (1999).

⁶³⁹ Pierre Du Moulin en 1598, citado de Serjeantson, «Testimony and Proof» (1999), 203, con una revisión de la traducción de Serjeantson.

autoridad y a la razón; pero como consecuencia siente una obligación a insistir que el testimonio, como una forma de autoridad, es relevante únicamente en circunstancias muy restringidas. Nunca parece ocurrírsele el hecho de que todos sus argumentos son, al final, argumentos a partir de testimonios⁶⁴⁰.

En Hobbes, este esquema tradicional se revoluciona. En lo que a Hobbes concernía, había solo dos fuente del conocimiento: la razón, por un lado, y por el otro la experiencia del sentido, la memoria y el testimonio, todos los cuales establecían hechos. Dentro de este esquema no había espacio para la costumbre, la opinión pública, la antigüedad o el juicio de los sabios, pero el lugar del testimonio era claro: al igual que la memoria, el testimonio representaba una forma que sustituía a la experiencia inmediata del sentido. Hobbes no habría dicho que nuestro conocimiento de los reyes de Francia procede de la autoridad; habría dicho que lo obtenemos directamente del testimonio y, en último término, de la experiencia del sentido.

El término «hecho» simbolizó esta nueva condición que se daba al testimonio. Todos entendían que se trataba de una palabra importada de los tribunales de justicia, y con ella llegó un conjunto de normas establecidas para juzgar la fiabilidad del testimonio. Dichas normas no eran peculiares de ningún sistema legal concreto, pero por lo general se reconocían en toda Europa. Browne, incluso al tiempo que rechazaba el testimonio por ser relevante solo para la

⁶⁴⁰ Pascal, *Oeuvres complètes* (1964), 772-785; Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), 25-26.

moralidad, la retórica, el derecho y la historia, e irrelevante para la filosofía natural, resumió el principio básico: «En la ley tanto civil como divina, solo se considera *legitimum testimonium*, o testimonio legal, el que recibe comprobación por boca de al menos dos testigos; y ello no solo por prevención de la calumnia, sino como garantía contra el error»⁶⁴¹. Su problema a la hora de admitir el testimonio para la filosofía natural era que entonces sería necesario aceptar lo que él llamaba «testimonio agregado»: en otras palabras, la experiencia indirecta de personas que simplemente manifiestan lo que todos creen ser el caso. No podía imaginar transformar la república de las letras en un enorme tribunal de justicia.

Así, antes de la invención del hecho un recurso al testimonio se consideraba como un recurso a la autoridad (incluso Digby, que escribía en 1658, había pensado en los testigos presenciales como autoridades): podemos decir que se pensaba en los testigos como un aval de personalidad, no como testigos presenciales. Después del hecho, el testimonio de testigos presenciales se convirtió en una forma de testimonio virtual, de ahí la insistencia de Boyle de que no apelaba «a otros escritores como a jueces, sino como a testimonios». Con el testimonio diferenciado de la autoridad, lo que previamente era autoridad se convirtió, en palabras de Glanvill, simplemente en «bagaje viejo e inútil». Sprat era todavía más directo: librarse de la

⁶⁴¹ Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), 26.

tiranía de los antiguos implicaba simplemente desechar lo que él llamaba «la basura»⁶⁴².

Después del invento del hecho, se podía recurrir al testimonio con una forma de desconfianza sistematizada. Al final, todos los sistemas de conocimiento requieren que uno ponga su confianza en alguien, algo o algún procedimiento⁶⁴³. Pero destacar el papel indudable de la confianza en la nueva ciencia es correr el riesgo de no considerar la mayor parte del iceberg que está oculta bajo el agua. Boyle afirmaba ser digno de crédito porque había aprendido a recelar de los Della Porta de este mundo, y esperaba enseñar a otros a leer su propia obra con el mismo espíritu escéptico como el que él había tenido al leer la obra de Della Porta. La nueva ciencia se basaba, en comparación con lo que había ocurrido antes, en la desconfianza, no en la confianza.

§ 8.

Debiera ser evidente que muchos de los supuestos hechos que hemos estado considerando (el bálsamo del arma, por ejemplo), son bastante raros, y siempre han parecido raros. Hay casos de «facticidad problemática» y otros de «facticidad no problemática», y el lenguaje del hecho parece emplearse ante todo para tratar casos de facticidad problemática. Lorraine Daston ha distinguido lo que ella

⁶⁴² Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661), 143; Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 25, 29.

⁶⁴³ En este sentido, el argumento de Shapin, *A Social History of Truth* (1994), es incontrovertible.

llama «hechos extraños» de los «hechos puros o vulgares»⁶⁴⁴. Señala que los hechos extraños vinieron primero y los hechos puros vinieron posteriormente; primero, hubo hermanos siameses, hermafroditas, bebés peludos y nacimientos virginales, después hubo la bomba de aire de Boyle. En Inglaterra, afirma esta autora, los hechos vulgares sustituyeron a los hechos extraños mucho antes que en Francia; en otras palabras, los hechos se regularizaron y se convirtieron en algo rutinario.

Permítaseme sugerir otra narración: los hechos extraños son siempre aspirantes a hechos puros. Tal como dijo Isaac Beeckman (que es más conocido por haber llamado la atención a Descartes sobre la filosofía corpuscular) en 1626, refiriéndose al lema de Simon Stevin, «La maravilla no es una maravilla»:

*En filosofía, siempre hay que proceder de la maravilla hasta la no maravilla, es decir, hay que continuar la investigación que se hace hasta que aquello que se creyó extraño ya no nos parezca extraño; pero en teología, hay que proceder desde la no maravilla hasta la maravilla, es decir, hay que estudiar las Escrituras hasta que lo que no nos parece extraño, nos lo parezca, y que todo sea maravilloso*⁶⁴⁵.

⁶⁴⁴ Daston, «Strange Facts, Plain Facts» (1996); y Daston, «The Language of Strange Facts» (1997).

⁶⁴⁵ Berkel, *Isaac Beeckman* (2013), 144-145.

Esta distinción binaria entre lo natural y lo sobrenatural nos parece clara, pero en realidad fue revolucionaria, puesto que implicaba la abolición del ámbito que previamente se había considerado que se hallaba entre lo natural y lo sobrenatural, el ámbito de lo preternatural, de fantasmas y brujas, maravillas y monstruos⁶⁴⁶.

La dificultad, desde luego, residía en saber cómo y cuándo distinguir entre filosofía y teología. *The Logic of Port-Royal* esboza lo que podría ir mal cuando describe las personas que son demasiado crédulas cuando se trata de milagros. Se tragan (*abreuver*), dice, un hecho extraño (*ce commencement d'étrangeté*), y cuando encuentran objeciones al mismo cambian su relato para acomodarlas; el hecho extraño puede sobrevivir únicamente si se lo convierte en un hecho más natural, lo que en este caso implica, para empezar, apartarse más y más de cualquier verdad que pudiera haber existido en él. De manera casi imperceptible, lo supuestamente sobrenatural se transforma en natural⁶⁴⁷.

Era con la intención de transformar los hechos extraños en hechos vulgares que Charleton y Digby insistían en que podría reproducirse de forma fiable el bálsamo del arma; podía ser extraño, pero no lo era más que el magnetismo. Galileo insistía en que las montañas de la luna eran lo mismo que las montañas de la Tierra; las lunas de Júpiter lo mismo que nuestra luna; las fases de Venus lo mismo que las fases de nuestra luna; las manchas del sol lo mismo que las

⁶⁴⁶ Clark, *Thinking with Demons* (1997).

⁶⁴⁷ Arnauld y Nicole, *La Logique* (1970), parte 4, cap. 14.

nubes. A cada paso tomaba los hechos más extraños y los hacía tan vulgares como fuera posible. Incluso la bomba de vacío de Boyle producía «hechos extraños» a los ojos de los aristotélicos y los cartesianos^{ccxli}. Para ellos, un vacío era una imposibilidad, de manera que todos los experimentos que parecían establecer la existencia de tal cosa eran realmente extraños.

La manera más sencilla de hacer que los hechos extraños fueran más vulgares era replicarlos. En los *Saggi di naturali esperienze* de la Accademia del Cimento, la sociedad formada en Florencia para desarrollar un programa galileano de experimentación después de la muerte del gran hombre, que adoptó como lema «*provando e riprovando*» («probar y volver a probar»), hay un ejemplo paradigmático: enfrentados con un resultado plausible pero problemático, repetían sus experimentos utilizando una metodología diferente. Así, se aseguraban de que no habían sido engañados por un resultado espurio⁶⁴⁸. Si la extrañeza del hecho no podía deshacerse, al menos la evidencia de la misma podría reforzarse de manera que se transformara en un hecho tozudo; así es como, aducía Arnauld, podemos estar seguros de los milagros de los que informa san Agustín, porque, por extraño que pueda parecer, ¿quién puede dudar de su veracidad? Así, desde el principio, los hechos extraños y los hechos puros existían en una lucha incómoda en la que los hechos extraños intentaban constantemente promover

⁶⁴⁸ Accademia del Cimento, *Saggi di naturali esperienze* (1667), 146; Accademia del Cimento, *Essays of Natural Experiments* (1684), 77.

que se les reconociera como hechos puros, o cuando menos como hechos tozudos. Tal como Arnauld reconoció, la pregunta de dónde trazar la línea entre los hechos que eran demasiado extraños para ser creíbles y los hechos que eran extraños pero tozudos estaba lejos de ser clara.

Un buen ejemplo lo proporcionan los meteoritos. Los científicos ingleses y franceses del siglo XVIII rechazaron los abundantes testimonios en pro de la realidad de los meteoritos, como nosotros rechazamos los relatos de abducción extraterrestre. El 13 de septiembre de 1768 un meteorito grande, que pesaba tres kilogramos y medio, cayó en Lucé, País del Loira (Francia). Numerosas personas (todas ellas campesinos) lo vieron caer. Tres miembros de la Academia Real de Ciencias (entre ellos el joven Lavoisier) fueron enviados a investigar. Llegaron a la conclusión de que había caído un rayo que había desprendido un pedazo de arenisca sobre el suelo; la idea de que hubiera rocas que caían del espacio exterior era simplemente ridícula. Existen otros casos similares⁶⁴⁹. El 16 de junio de 1794 un gran meteorito explotó sobre Siena. La lluvia de rocas que cayó sobre la ciudad la vio un elevado número de académicos y de nobles ingleses. El abad Ambrogio Soldani publicó un libro de testimonios completamente ilustrado. Esta fue la primera caída de meteoritos en ser aceptada (en un cierto sentido) como genuina. Ayudó a ello que había muchos testigos, y que eran cultos y ricos. Ayudó el que los testimonios se

⁶⁴⁹ Westrum, «Science and Social Intelligence about Anomalies» (1978).

publicaran. Pero también ayudó el que pudo hacerse que el acontecimiento pareciera menos extraño. Dieciocho horas antes de que cayera el meteorito, el Vesubio, situado a 320 kilómetros de distancia, había entrado en erupción; de modo que fue posible imaginar que las rocas habían salido disparadas del Vesubio, aunque cayeron del cielo septentrional, no del meridional. Esto era claramente preferible a imaginar que habían caído desde el espacio exterior⁶⁵⁰. El meteorito que cayó en Lucé era demasiado extraño; los que cayeron en Siena no eran tan extraños. Tal como Arnauld había dicho en *The Logic of Port-Royal* los hechos puros vencen cada vez a los hechos extraños.

§ 9.

En este capítulo hemos considerado una serie de historias locales: los esfuerzos de Kepler para tomar mediciones precisas de Marte; la introducción de la palabra «hecho» en inglés; el bálsamo del arma. Si observamos demasiado de cerca los detalles corremos el peligro de perdernos el panorama general: porque los «hechos» solo se volvieron tozudos cuando la experiencia se hizo pública y la imprenta desempeñó un papel crucial en transformar la experiencia privada en un recurso público, y al hacerlo socavó la autoridad establecida. La primera ciencia nueva fundamentada en lo que ahora llamaríamos hechos fue la anatomía de Vesalio (1543), que dependía del espacio público del teatro anatómico y del espacio

⁶⁵⁰ Nield, *Incoming!* (2011), 67-72.

público del libro impreso para rebatir la autoridad previamente indisputada de Galeno. Incluso Browne (1646) no extraía sus «guijarros» de sus «propias recetas y escasas existencias», sino de su extensa biblioteca. Así, los libros impresos trajeron consigo una nueva libertad para contestar la autoridad. El epígrafe de la *First Narration* («Primera narración», 1540) de Rheticus es una cita de Alcino, el platónico del siglo II: «Libre de mente ha de ser quien desee tener conocimiento». Hay un eco de ello en la *Dissertatio cum nuncio sidereo* (1610) de Kepler, en el *Discorso intorno alle Cose che Stanno in su l'Acqua* («Discurso sobre las cosas que hay sobre el agua»), de Galileo (1612), y los Elsevier lo convirtieron en el epígrafe de la traducción latina del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, de Galileo (1635 ⁶⁵¹). En 1581, el exilado obispo húngaro Andreas Dudith se encontraba como huésped en Breslavia de dos astrónomos, el inglés Henry Savile y el silesio Paul Wittich. «No siempre entiendo sus ideas —escribió—, pero me maravillo ante su libertad [*libertas*] a la hora de juzgar los escritos de los antiguos y de los modernos»⁶⁵². En 1608 Thomas Harriot se quejaba a Kepler de que todavía no podía filosofar libremente: en aquel tiempo era sospechoso de ateísmo y sus dos patrocinadores, sir Walter Raleigh y el conde de Northumberland, estaban encerrados en la Torre de Londres, uno condenado y el otro sospechoso de traición⁶⁵³. En

⁶⁵¹ Pantin, «New Philosophy and Old Prejudices» (1999), 260. Gilbert usa la frase «libere philosophare» en el prefacio al lector de *De magnete*.

⁶⁵² Goulding, «Henry Savile and the Tyconic World-system» (1995), 175.

⁶⁵³ Jacquot, «Thomas Harriot's Reputation for Impiety» (1952), 167.

1621 Nathanael Carpenter publicó su *Philosophia libera* («Filosofía libre»). Pascal en 1651 insistía en que los científicos tenían que tener «libertad completa»⁶⁵⁴. El epígrafe a las *Mathematical Collections* (1661) de Salusbury es «inter nullos magis quam inter PHILOSOPHOS esse debet aequa LIBERTAS» («entre nadie más que en los filósofos debiera haber una libertad igual»). Hay algo intrínsecamente igualitario y liberador acerca de los mundos nuevos e interrelacionados del libro y del hecho. Efectivamente, podemos decir que la nueva ciencia aspiraba a la creación de aquella esfera ideal que en el siglo XVII se idealizó como «la república de las letras» y que el siglo XVIII calificaría de «sociedad civil»⁶⁵⁵.

Bruno Latour, en un importante ensayo titulado «Visualization and Cognition: Drawing Things Together», que apareció originalmente en 1986, afirmaba que la imprenta hizo que los hechos fueran «más duros»; antes de la imprenta, los hechos eran demasiado blandos para ser fiables⁶⁵⁶. Lo que hizo la Revolución Científica, aduce Latour, no es el método experimental o la sociedad comercial (ambos hacía siglos que estaban ahí), sino la imprenta, que transformó la información privada en conocimiento público, la experiencia privada en experiencia comunal. Bruno Latour es un pensador audaz (a veces incluso temerario), que nunca teme llevar un razonamiento demasiado lejos; pero en este caso pienso que no

⁶⁵⁴ Pascal, *Oeuvres complètes* (1964), 779.

⁶⁵⁵ Sutton, «The Phrase “*Libertas Philosophandi*”» (1953); Broman, «The Habermasian Public Sphere» (1998); Daston, «The Ideal and Reality of the Republic of Letters» (1991).

⁶⁵⁶ Latour, «Visualization and Cognition» (1990).

impulsa su argumento lo bastante lejos. La imprenta no hizo que los hechos fueran más duros, los hizo (fuera de unos pocos campos estrictamente especializados, como la astronomía) posibles. Latour piensa adecuadamente que los libros representan una clase especial de objetos. Muchos objetos existen para ser intercambiados y consumidos: los sacos de grano, por ejemplo, se transforman en pan. Son, en el lenguaje de Latour, móviles mutables. Las monedas de oro y plata, de los que se podría pensar que son móviles inmutables, siempre están siendo fundidos y reciclados: son móviles duros pero mutables; los libros, en cambio, no son buenos para nada más que para leerlos (excepto, ocasionalmente, para quemarlos). Son los primeros móviles realmente inmutables.

Esta frase, «móviles inmutables» resume nítidamente la paradoja epistemológica del hecho: los hechos pueden moverse de un lado para otro, transferirse de una persona a otra, sin que se degraden, o al menos esto es lo que dice el relato. En esto son muy distintos a los testimonios, que se degradan a medida que pasan de oído a oído en un «juego del teléfono» interminable; los teóricos de las probabilidades del siglo XVIII concibieron realmente fórmulas para calcular esta tasa de degradación. Se decía que estas fórmulas podrían usarse para datar la Segunda Venida: el último triunfo estallararía antes de que el testimonio de la resurrección de Jesucristo se degradara hasta el punto de que la creencia en ella dejara de ser

racional⁶⁵⁷. Los testimonios se degradan, los hechos no, y sin embargo ambos se basan en la mismísima experiencia sensorial. Los hechos se hacen a imagen no de las personas, que recuerdan mal, citan mal y representan mal, sino de los libros, inmutables pero móviles. El hecho, podría decirse, es una sombra epistemológica que originalmente emite una realidad material: el libro impreso.

La *Biblia* de Gutenberg se publicó en 1454-1455. Pero la revolución de la impresión tardó algo más en ponerse en marcha. El cometa de 1577 provocó más de 180 publicaciones que discutían su importancia; el libro de Brahe sobre el tema proporcionaba no solo sus propias mediciones de la paralaje del cometa, que lo situaba firmemente en los cielos, sino una revisión extensa de las medidas y los argumentos de otros. Así, la imprenta sirvió para unir a astrónomos y astrólogos dispersos y pertenecientes a diferentes culturas y que tenían variados compromisos intelectuales, al permitirles un amplio intercambio y comparación de ideas. Esta nueva comunidad tenía una manifestación física en los catálogos de la Feria del Libro de Fráncfort que, como hemos visto, empezó en 1564^{ccxlii}.

La Feria del Libro aceleró el crecimiento de un comercio internacional de libros, lo que el poeta jacobino Samuel Daniel llamó «el intertráfico de la mente»⁶⁵⁸. En 1600 William Gilbert podía

⁶⁵⁷ Stigler, «John Craig and the Probability of History» (1986).

⁶⁵⁸ Montaigne, *Essays* (1613), A3v (poemas preliminares).

quejarse de que se esperaba que los intelectuales navegaran «un océano de libros tan vasto que la mente de los hombres estudiosos se preocupa y se fatiga»⁶⁵⁹. En 1608, por ejemplo, Galileo dio con un libro en un catálogo cuyo título era *De motu terræ* («Sobre el movimiento de la Tierra»), y naturalmente intentó hacerse con un ejemplar; dos años más tarde todavía intentaba seguirle la pista a uno, y le pidió ayuda a Kepler. No es sorprendente que los libreros venecianos hubieran sido incapaces de ayudar a Galileo, pues yo tampoco puedo encontrar *De motu terræ* en los catálogos de Fráncfort; pero el libro existe, de modo que Galileo tuvo que haberlo visto listado en algún otro catálogo. Si hubiera conseguido un ejemplar se hubiera sentido decepcionado, pues el tema del libro son los terremotos, no el copernicanismo⁶⁶⁰. Al final de su vida, el mismo comercio internacional supuso que Galileo pudo encontrar un editor, Elsevier, para sus *Due nuove scienze*, cuyo manuscrito había sido pasado de contrabando desde Italia, y que se publicaba en Leiden, y no en latín o neerlandés sino en italiano, de la misma manera que la edición ilustrada (1590) de *Brief and True Report of*

⁶⁵⁹ Gilbert, *On the Magnet* (1900), ii.

⁶⁶⁰ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 10, 441; Schneider, *Disputatio physica de terræ motu* (1608), parece el mejor candidato. Vale la pena señalar que algunos científicos del Renacimiento sostenían una teoría según la cual el material del que está hecha la Tierra se halla en movimiento imperceptible, al tiempo que se transmute en otros elementos y encuentra calor y agua, y como resultado cambia constantemente el centro de gravedad de la Tierra (por ejemplo, Prosdócimo de' Beldomandi). Esta teoría del movimiento de la Tierra es presumiblemente el tema del tratado sobre este asunto, perdido, del amigo y mentor de Galileo, Guidobaldo del Monte, pues no hay razones para pensar que fuera un copernicano (Grant, *Planets, Stars and Orbs* (1994), 624-626; Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (1923), vol. 4, 239, vol. 7, 230, 601).

the New-found Land of Virginia («Informe breve y veraz del país recién encontrado de Virginia»), de Thomas Harriot, se publicó en Fráncfort, con ediciones simultáneas en inglés, latín, francés y alemán.

Los mercados no siempre funcionan para lo mejor; según la ley de Gresham (que curiosamente formuló por primera vez Copérnico), la moneda mala expulsa a la buena⁶⁶¹: pero en la Feria del Libro de Fráncfort, año a año, de manera lenta pero segura, los hechos buenos expulsaban a los malos. A medida que los estudiosos se fueron dando cuenta de este proceso, empezaron a publicar libros que eran compilaciones de errores que antaño habían sido errores aprendidos pero que ahora podían descartarse como tonterías. Los médicos abrían el camino, con los *Erreurs populaires* («Errores populares») de Laurent Joubert (publicado primero en francés en 1578, fue reimpresso diez veces en seis meses y con frecuencia posteriormente, y asimismo traducido al italiano y al latín); *De gli errori popolari d'Italia* («Sobre los errores populares de Italia», en italiano, 1603, 1645, 1658), de Girolamo Mercurio, y *De Vulgi in Medicina Erroribus* («Sobre los errores vulgares en medicina»), de James Primerose (siete ediciones en latín desde 1638, con traducciones al inglés y francés). El *Vulgar Errors* («Errores vulgares») de Thomas Browne trataba de todos los errores, aunque Browne también era médico (cinco ediciones en inglés desde 1646, con traducciones al francés, neerlandés, alemán y latín). Y lo que en

⁶⁶¹ Reiss y Hinderliter, «Money and Value in the Sixteenth Century» (1979).

muchos aspectos fue el texto fundacional de la Ilustración, el *Dictionnaire historique et Critique* («Diccionario histórico y crítico», 1696, con ocho ediciones en francés en cincuenta años, más dos traducciones en inglés y una en alemán) pretendía originalmente ser un simple compendio de errores⁶⁶². Esta lucha contra el error produjo la aparición de la nota de pie de página: el mecanismo para asegurar que podía seguirse la pista de cada hecho hasta la declaración de alguna autoridad⁶⁶³.

Así, la imprenta reforzó la mano de los innovadores al hacer que les fuera posible acumular información y trabajar conjuntamente. Sustituyó a la lección del profesor, la voz de la autoridad, mediante un texto en cuyo margen se podía garabatear la disconformidad del lector. Sustituyó al manuscrito, que era leído más o menos en aislamiento de otros textos, con un libro que podía consultarse en una biblioteca, rodeado de autoridades en competencia. Introdujo el índice como ruta fácil para la localización de la información en textos específicos, para hacer más fácil contrastar una autoridad frente a otra^{ccxliii}. Y, para promover un choque constante de argumentos e ideas (Riccioli contra Copérnico; Hobbes contra Boyle), obligaba a cada bando de un argumento a adaptarse y cambiar. Lo que hizo la imprenta, de manera muy simple, fue socavar «la ignominiosa tiranía de este usurpador, la autoridad» y

⁶⁶² Bayle, *Projet* (1692); Browne conocía a Joubert y Primerose: Browne, *Pseudodoxia epidemica* (1646), a5r.

⁶⁶³ Grafton, *The Footnote* (1997).

reforzar la evidencia⁶⁶⁴. Era la herramienta perfecta para la Revolución Científica.

La imprenta promovió asimismo una especie de carrera armamentista intelectual, en la que nuevas armas (el sextante astronómico, inventado por Brahe; el telescopio, mejorado por Galileo; el reloj de péndulo, inventado por Huygens en 1656; los astrónomos hacía mucho tiempo que buscaban una manera precisa de medir el tiempo) eran aportadas constantemente a primera línea. No es sorprendente que la *Astronomia nova* de Kepler (1609) esté llena de metáforas militares; de hecho, Kepler presenta todo el libro como una guerra sobre los movimientos de Marte. El *Almagestum novum* de Riccioli (1651) pone a prueba un amplio despliegue de evidencia y argumento, evidencia y argumento que en gran parte se generaron en vida de Riccioli, y que se reunieron de París y Praga, Venecia y Viena, a partir de libros que no tenían en común más que todos habían pasado, en algún momento, por la Feria de Fráncfort. Un tal libro es simplemente inconcebible en una cultura de manuscritos.

Presento aquí una versión de lo que se llama «la tesis de Eisenstein», que propuso por primera vez Elizabeth Eisenstein en *The Printing Press as an Agent of Change* (1979). La tesis de Eisenstein nunca ha sido popular entre los historiadores⁶⁶⁵. A los historiadores les

⁶⁶⁴ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 3.

⁶⁶⁵ Por ejemplo, Grafton, «Review: The Importance of Being Printed» (1980); para un manifiesto que presenta un enfoque alternativo a los de Eisenstein y Latour, Johns, «Science and the Book in Modern Cultural Historiography» (1998).

gustan las microhistorias, no las macrohistorias. Les gusta poder señalar evidencia específica que cierra un argumento: pero en el caso de la revolución de la imprenta estamos hablando de una transformación larga y lenta. De manera muy apropiada, los historiadores han insistido en que la cultura de los manuscritos corrió paralela a la cultura de la imprenta a lo largo de los siglos XVI y XVII; así, perduran unos sesenta manuscritos del *Trattato della pittura* de Leonardo, todos ellos producidos a lo que parece entre 1570 y 1651 (cuando se imprimió por vez primera⁶⁶⁶). A menudo el conocimiento se difundía tanto a través de la correspondencia de personajes tales como Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (1580-1637), un astrónomo y coleccionista, Mersenne y Samuel Hartlib (c. 1600-1662), un reformador baconiano que buscaba promover el conocimiento útil, como mediante la imprenta. Incluso los libros, una vez anotados, eran valiosos por su contenido único: Brahe, que se hallaba asimismo en el centro de una extensa red de correspondencia, siguió la pista de ejemplares concretos de *De revolutionibus* porque quería leer las anotaciones que en ellos habían escrito sus dueños previos⁶⁶⁷. Pero también tenía su propia imprenta, y tuvo la fortuna que, a su muerte, Kepler hizo imprimir sus obras no publicadas. De hecho, Kepler dio a la imprenta un lugar prominente en el frontispicio de sus *Tablas rudolfinas* (*Tabulae Rudolphinae*), que celebraban el progreso de la astronomía

⁶⁶⁶ Leonardo da Vinci, *Trattato della pittura* (1651) = *Traité de la Peinture* (2012): 382-383.

⁶⁶⁷ Mosley, *Bearing the Heavens* (2007); y Gingerich y Westman, «The Wittich Connection» (1988).

desde el mundo antiguo a la era moderna. Podemos señalar estos testigos contemporáneos, pero al final estamos tratando con una cuestión de escala: 5 millones de manuscritos producidos en la Europa del siglo XV; 200 millones de libros producidos en la Europa del siglo XVI; 500 millones en el siglo XVII⁶⁶⁸. Incluso si el libro no tenía ventajas importantes sobre el manuscrito, cuando se trata de las ilustraciones, por ejemplo, el aumento en la mera cantidad de información disponible habría sido suficiente para generar una gran revolución cultural.

Una vez se hubo inventado la imprenta, el concepto del «hecho» (y con él la extensión del proceso de establecer hechos fidedignos a partir de la astronomía a otras disciplinas) se hizo inevitable, de la misma forma que fue inevitable que el telescopio acabara usándose para descubrir las fases de Venus y que, una vez que las brújulas marinas se hicieron disponibles de manera general, alguien pusiera a prueba la supuesta antipatía entre el ajo y los imanes. La cuestión no era si, sino cuándo, dónde y por quién.

¿Cómo hay que entender esta característica peculiar del hecho que yo he denominado su «dureza»? El no identificado G. W., que, según creo, había leído a Hobbes pero que fue mucho más allá de Hobbes a la hora de aceptar el hecho, intentó describirlo en 1653. Incluso el mundo de la contingencia, insistía, estaba sometido a lo que él llamaba «una cognoscibilidad determinada»:

⁶⁶⁸ Buringh y Van Zanden, «Charting the "Rise of the West"» (2009).

Porque los hechos son tan seguros en ser y realidad como las demostraciones, ciertamente, todos estos efectos que acechan en causas probables, que parecen prometer de manera muy clara, también pueden ser conocidos de una manera responsable y proporcionada, mediante conjeturas sólidas y astutas; así, el médico conoce la enfermedad, el marino prevé una tormenta y el pastor proporciona seguridad a su rebaño⁶⁶⁹.

Los hechos son tan ciertos como las demostraciones (es decir, las deducciones, o pruebas lógicas); la declaración nos parece difícil de rebatir, puesto que los hechos son verdaderos por definición. Todo este fragmento de G. W., que he abreviado aquí, está casi totalmente construido a partir de frases tomadas, sin reconocerlo, de *An Elegant and Learned Discourse of the Light of Nature* («Un discurso elegante y docto de la luz de la naturaleza»), obra póstuma de Nathaniel Culverwell, que se había publicado el año antes. Ahora diríamos que esto es plagio, pero asíerraríamos totalmente el tiro. Por ejemplo, Culverwell había dicho: «Los hechos son tan seguros en ser y realidad como las demostraciones», pero hablaba de hechos que eran acontecimientos históricos y legales, y eran solo una pequeña parte de la clase mayor de acontecimientos contingentes. Culverwell escribía sobre hechos anticuados (hechos = actos), no hechos modernos (hechos = acontecimientos), mientras que G. W.

⁶⁶⁹ G. W., *The Modern States-man* (1653), 21-23.

hacía hechos de todos los acontecimientos contingentes; a diferencia de Culverwell, escribía sobre hechos humeanos o, mejor, hobbesianos. Además Culverwell insistía en que, en general, nuestro conocimiento de los hechos contingentes es muy imperfecto, al estar basado o bien en «mero testimonio» (si se trata de asuntos de hecho anticuado) o en generalizaciones «agrietadas y rotas» (si son asuntos de experiencia⁶⁷⁰). G. W., en cambio, se contenta con encomendarse a «conjeturas sólidas y astutas».

⁶⁷⁰ Culverwell, *An Elegant and Learned Discourse* (1652), 171, 138.



Frontispicio de las Tablas rudolfinas de Kepler (1627). Las figuras, de izquierda a derecha, son los astrónomos Hiparco, Copérnico, un observador antiguo desconocido, Brahe y Ptolomeo, cada uno rodeado de símbolos de su obra. Las columnas del fondo son de madera; las de delante de ladrillos y mármol, lo que simboliza el progreso de la astronomía. Instrumentos astronómicos diseñados por Tycho Brahe sirven de decoración. Las figuras de la cornisa simbolizan las ciencias matemáticas, con Urania, la musa de la astronomía, en el centro. El mecenas de Kepler, Rodolfo II, el emperador del Sacro Imperio Romano Germánico, está representado

por el águila. En la base, de izquierda a derecha, están Kepler en su estudio, un mapa de la isla de Brahe, Ven, y una imprenta. (Jay M. Pasachoff/Getty Images, Londres).

Aunque los escritores usan casi exactamente las mismas palabras, el *Elegant and Learned Discourse* de Culverwell se halla en un lado de la línea que divide el pensamiento premoderno del moderno, y el *Modern States-Man* de G. W. se encuentra (como sugiere el título) en el otro. G. W. tomó prestado de Culverwell precisamente porque no corría el peligro de que nadie pensara que estaba diciendo lo que Culverwell había dicho. A lo largo de los siguientes cincuenta años, aproximadamente, el hecho, que previamente había existido en una especie de limbo intelectual donde solo podía tener una existencia fantasmagórica como «fenómeno», llegó a ser los cimientos mismos de todo el saber. En 1694 William Wotton resumió la nueva ciencia en una frase: «El hecho es a lo único que se pide ayuda»⁶⁷¹. En 1717, J. T. Desaguliers empezaba su *A Course of Experimental Philosophy* («Curso de filosofía experimental») con las palabras: «Todo el conocimiento que tenemos de la naturaleza depende de hechos»⁶⁷². En 1721, el conde Marsigli de Bolonia visitó la Royal Society e informó: «Toda especulación no respaldada por observación o experimento es absolutamente rechazada. En

⁶⁷¹ Abajo, p. 483.

⁶⁷² Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), vol. 1, prefacio (b3r).

Inglaterra, todo el estudio y la enseñanza se base en hechos»⁶⁷³. Es fácil leer frases del pasado como estas, porque ahora nadamos en un mar de hechos y pensamos que son simplemente una recitación de lo evidente. Pero en la Italia de principios del siglo XVIII, en la que el escolasticismo todavía dominaba la enseñanza universitaria, no había nada obvio acerca de estos nuevos valores ingleses, de la misma manera que antaño la afirmación de la Declaración de la Independencia de que todos los hombres son creados iguales no había sido evidente en absoluto.

¿Cuál es la importancia del hecho? Los posmodernistas no fueron los primeros en poner en duda la afirmación de que el conocimiento de los hechos es verdadero conocimiento. Ya lo había debatido Hobbes; pronto lo impugnaría Hume; en cualquier caso, todos los pensadores premodernos hasta Culverwell, este incluido, estaban familiarizados con los argumentos que establecían lo poco fidedigno que era el conocimiento empírico. Aun así, a pesar de todos los argumentos, nosotros los modernos (y, de hecho, nosotros los posmodernos) ponemos nuestra fe en los hechos. Sin hechos no puede haber conocimiento fiable. No son los libros en tanto que objetos físicos lo que se requiere que respalde el hecho; son las fuentes que no se alteran ni cambian de un día para el otro, de las que los libros siguen siendo la manifestación más clara. Si se cita un libro (o una reproducción fotográfica de un libro en la Red), no hay necesidad de escribir «Consultado el...» porque el texto sigue

⁶⁷³ Citado en Carpenter, *John Theophilus Desaguliers* (2011), 70.

siendo el mismo con independencia de cuándo se consulte. Es la fijeza de este texto lo que lo hace un móvil inmutable, y son móviles inmutables lo que se necesita si los hechos han de resistir hasta la era posterior a la imprenta.

Capítulo 8

Experimentos

Así, el descubrimiento del barómetro transformó la física, de la misma manera que el descubrimiento del telescopio transformó la astronomía. La historia de la ciencia tiene sus propias revoluciones, al igual que la historia de las naciones con esta diferencia importante: que las revoluciones en ciencia consiguen con éxito lo que se proponían hacer.

Vincenzo Antinori, «Notizie istoriche» (1841)⁶⁷⁴

§ 1.

El 19 de septiembre de 1648, Florin Périer, cuñado del matemático francés Blaise Pascal, acompañado de un grupo de dignatarios locales de Clermont-Ferrand, se disponía a subir al Puy de Dôme, en el macizo Central^{ccxliv} ⁶⁷⁵. Por debajo de ellos, en el jardín de un monasterio, habían dejado un tubo invertido colocado en un cuenco de mercurio. La altura del mercurio en el tubo era de poco más de 26 pulgadas (medían en *pouces*, o pulgadas, pero sus pulgadas eran ligeramente más largas que las inglesas^{ccxlv}). Cuando alcanzaron la cumbre, situada unos novecientos metros más alta según sus

⁶⁷⁴ Antinori, «Notizie istoriche» (1841), 27.

⁶⁷⁵ Sobre experimentos con barómetro y vacío, Waard, *L'Expérience barométrique* (1936); Middleton, *The History of the Barometer* (1964); y Shea, *Designing Experiments* (2003). Las fuentes primarias para los experimentos de Pascal se hallan en Pascal, *Oeuvres complètes* (1964), vol. 2; textos clave están traducidos en Pascal, *The Physical Treatises of Pascal* (1937).

cálculos, montaron otro barómetro (que es como llamaremos al instrumento: el término, tanto en inglés como en francés, data de 1666, precedido en inglés un año antes por «baroscopio»). La altura del mercurio en el tubo era algo más de tres pulgadas más baja en la cumbre que en el jardín del monasterio, y obtuvieron el mismo resultado cuando desmontaron su barómetro y lo volvieron a ensamblar en diferentes lugares de la cumbre. Al descender, repitieron el experimento un par de veces en un punto más cerca de la base de la montaña que de la cumbre: aquí el mercurio estaba una pulgada por debajo del nivel en el jardín del monasterio. Una de estas repeticiones la llevó a cabo un tal M. Mosnier. Al día siguiente realizaron el mismo experimento en la base y en la parte superior de la torre de la catedral de Clermont; la diferencia fue pequeña (unas dos décimas de pulgada), pero medible. Pascal, al enterarse de este último resultado, realizó experimentos similares en edificios altos de París y, tan pronto como le fue posible, publicó un informe de los mismos. En 1662, en retrospectiva, Boyle aclamó el experimento en el Puy de Dôme como el *experimentum crucis*, el experimento crucial, que había validado una nueva física⁶⁷⁶. En realidad, este fue el primer experimento en ser saludado con dicha frase, que posteriormente haría famosa Newton cuando la empleó en conexión

⁶⁷⁶ Boyle, *A Defence* (1662), 48 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 3, 50. Como señalan Hunter y Davis, Boyle reconoce la frase como procedente de Bacon, pero la frase de Bacon era *instantia crucis* (pensaba en una observación más que en un experimento), de modo que los usos posteriores de la frase *experimentum crucis* por parte de Hooke y Newton derivan evidentemente de Boyle. (El papel de Boyle a la hora de establecer la frase y, en consecuencia, su referencia a Pascal, faltan en la literatura previa: por ejemplo, Dear, *Discipline and Experience*, 1995, 22).

con sus experimentos con prismas, que demostraron que un rayo de luz blanca está constituido por un espectro de rayos de colores⁶⁷⁷.

Este es el primer experimento «propriadamente dicho», porque implica un procedimiento meticulosamente diseñado, verificación (los espectadores están allí para asegurar que esta sea realmente una explicación fiable), repetición y replicación independiente, seguida rápidamente por diseminación⁶⁷⁸. Se pretendía que el experimento diera respuesta a una pregunta: ¿había alguna resistencia natural a la creación de un espacio aparentemente vacío en la parte superior del tubo (porque, como Aristóteles afirmaba, la naturaleza aborrece el vacío), o estaba determinada la altura del mercurio (y con ello el tamaño del espacio vacío) únicamente por el peso del aire? Pascal siempre afirmó ser el inventor de este experimento, pero el filósofo René Descartes insistía en que él se lo había sugerido originalmente a Pascal, y su amigo común Marin Mersenne estaba atareado intentando organizar el mismo experimento cuando Pascal le ganó la mano. (Mersenne tuvo dificultades en hacerse con los tubos de cristal lo bastante largos y robustos «herméticamente sellados» por un extremo, aunque parece que acudió al mismo proveedor que

⁶⁷⁷ Newton, «A Letter of Mr Isaac Newton» (1672), 3078.

⁶⁷⁸ Para un ejemplo algo anterior al que solo le faltó una diseminación rápida, Graney, «Anatomy of a Fall» (2012); y Koyré, *Études d'histoire de la pensée scientifique* (1973), 289-319; para otro candidato alternativo, véase los experimentos públicos de Gassendi en 1640 para demostrar la relatividad del movimiento: Koyré, *Études d'histoire de la pensée scientifique* (1973), 329. Para una excelente revisión de la experimentación en el siglo XVII, véase Bertoloni Meli, «Experimentation in the Physical Sciences of the Seventeenth Century» (2013).

Pascal, que no tuvo ninguna dificultad... quizá Pascal compró todos los tubos que pudieron fabricarse).^{ccxlvii}

Había un acuerdo general en que el experimento mostraba que la altura del mercurio estaba determinada por el peso del aire, pero no había acuerdo acerca de si el espacio en la parte superior del tubo se consideraba propiamente un vacío: Pascal pensaba que lo era, pero Descartes pensaba que contenía un éter ingrávido (sin el cual, pensaba, la luz no podría pasar de un lado a otro del tubo) capaz de pasar a través del vidrio; y los amigos de Pascal, Mersenne y Roberval, pensaban que había algo de aire enrarecido en el espacio. Esta narración se suele contar como si Pascal estuviera en lo cierto y Mersenne y Roberval estuvieran equivocados, aunque en realidad los tres tenían razón: el espacio era efectivamente un vacío, pero contenía algo de aire bajo una presión muy reducida⁶⁷⁹. La interpretación de Pascal del experimento estaba en abierta contradicción con la afirmación de Aristóteles de que la naturaleza detesta un vacío.

Si tenemos algo de lo que ellos carecían, entonces el experimento parecería un buen candidato. Tal como vimos en el último capítulo, no resulta siempre fácil definir el umbral para decir que una cultura «tiene» algo, pero por lo general el lenguaje proporciona un indicador útil. Esto es menos cierto cuando pasamos a los experimentos.

⁶⁷⁹ Sobre los experimentos y argumentaciones de Roberval, véase Auger, *Un savant méconnu* (1962), 117-133; y Malcolm, «Hobbes and Roberval» (2002), 193-196. La dificultad en conseguir unanimidad acerca de los experimentos de Torricelli está bien ilustrada por Hale, *Difficiles nugae* (1674).

Experientia y *experimentum* («experiencia» y «experimento») son más o menos sinónimos en el latín clásico, medieval y moderno temprano, y todos los idiomas modernos que tienen ambos términos reflejan inicialmente el uso latino⁶⁸⁰. En inglés moderno la distinción es clara: ir al *ballet* es una experiencia, el Gran Colisionador de Hadrones es un experimento. Pero esta distinción surgió lentamente y solo quedó firmemente establecida a lo largo del siglo XVIII. El *OED* da 1727 como la última fecha en la que «experimentar» como verbo se empleó para significar «experiencia», y 1763 como la última fecha en la que «experiencia» como nombre se usó para denotar «experimento»^{ccxlvii}. Insensibles a este cambio de significado, los estudiosos suelen traducir la palabra *experimentum* en textos latinos como «experimento», con lo que a menudo dan una impresión totalmente falsa de su significado, que por lo común es «experiencia».

Sin embargo, algo cercano a la distinción moderna se puede encontrar en Francis Bacon, quien distingue entre dos tipos de experiencia: conocimiento adquirido aleatoriamente (por «azar») y conocimiento adquirido deliberadamente (por «experimento»^{ccxlviii}). Pero según esta definición, ir al *ballet* es un experimento, mientras que descubrir que los asientos son incómodos y que las bebidas que se venden en el bar son caras es una experiencia aleatoria. Además, es totalmente erróneo pensar que Bacon es un defensor de una

⁶⁸⁰ Dear, «The Meanings of Experience» (2006), 106; Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), 331-332, 349. El artículo clave sobre el experimento es Schmitt, «Experience and Experiment» (1969), cuyo alcance es mucho más amplio de lo que sugiere su título.

ciencia experimental (en nuestro sentido), por oposición a una ciencia experiencial. Sí que piensa que los experimentos pueden complementar a las experiencias y proporcionar información crucial, pero ataca a William Gilbert por estudiar el imán mediante un programa experimental estrecho que se ocupa únicamente de imanes: «Porque uno no investiga con éxito la naturaleza de una cosa en la propia cosa; la pesquisa ha de ampliarse para que se haga más general»⁶⁸¹. Hobbes, por su parte, distingue claramente experimento de experiencia, pero no como lo hacemos nosotros. Para él, varios experimentos equivalen a experiencia: el experimento es particular; la experiencia, general⁶⁸².

A primera vista cabría pensar que *Experimental Philosophy* («Filosofía experimental», 1664), de Henry Power, es un libro sobre experimentos en el sentido moderno, y de hecho incluye numerosos experimentos relacionados con mercurio y tubos de vidrio; pero la primera sección del libro se ocupa de «experimentos» hechos con un microscopio. Sin embargo, Power se halla bien encaminado hacia nuestro uso moderno del término porque, aunque dice que el libro trata de «nuevos experimentos, microscópicos, mercuriales, magnéticos», titula cada sección de sus informes microscópicos como una «Observación», y cada sección de sus informes mercuriales como un «Experimento». «Observación», empleada en este sentido moderno (en lugar de en el sentido de una práctica,

⁶⁸¹ Bacon, *Works* (1857), vol. 8, 100-101.

⁶⁸² Hobbes, *Humane Nature* (1650), 35-36; véase Maclean, *Logic, Signs and Nature* (2002), para un ejemplo anterior de esta distinción.

como una observación u observancia religiosa), era relativamente nueva en inglés, aunque existe en el latín clásico (*observatio*): el *OED* da 1547 como el primer año de uso de «observación», y 1559 como el primero de «observar» en este nuevo sentido. Con el tiempo, observación se convirtió en un anexo del experimento, y ambos producían hechos fiables en lugar de la «experiencia» poco fiable e inespecífica que formaba la base de tantas discusiones clásicas y medievales⁶⁸³.

En francés y portugués, las antiguas confusiones (tal como le deben parecer a un anglófono) existen todavía. En francés hay un verbo, *expérimenter*, que corresponde a la vez a «experimentar» y a «realizar un experimento»^{ccxlix}; todavía no hay un nombre que corresponda al «experimento» inglés, aunque uno puede *faire une expérience*, donde *expérience* significa «experimento», y en el francés del siglo XIX *expériences* en plural siempre significa experimentos, no experiencias. El francés ha adquirido también el término *expérimentation*, que a veces se usa como si fuera equivalente de «experimento»^{ccl} ⁶⁸⁴. También existe en francés (y en portugués) un adjetivo, *expérimental*, que se usa clásicamente en la frase *philosophie expérimentale*. La palabra *expérimental* se usó únicamente en un contexto religioso, por lo general místico, hasta la traducción de la *History of the Royal-Society*, de Sprat, al francés en

⁶⁸³ Daston y Lunbeck (eds)., *Histories of Scientific Observation* (2011).

⁶⁸⁴ El antecedente más temprano que puedo encontrar de *expérimentation* (aparte de diccionarios en italiano-francés y una escritura que data de 1639) se encuentra en Scarpa, *Réflexions et observations anatomico-chirurgicales sur l'anéurisme* (1809), 3, una traducción del italiano.

1669, cuando se introdujo en el idioma la frase «philosophie expérimentale». Resulta un enigma que la palabra «experimento» no aparezca junto a ella, a pesar de sus respetables antecedentes latinos.

Hay otras palabras igualmente ambiguas como «experiencia» / «experimento» del siglo XVI. Un ejemplo sorprendente es «demostración». En latín clásico se demuestra algo señalándolo con el dedo. Pero en la Edad Media la palabra *demonstratio* se usaba para referirse a una deducción o prueba en filosofía o matemáticas: así, uno puede demostrar o probar que todos los ángulos de un triángulo suman igual que dos ángulos rectos. En francés, este siguió siendo el significado de la palabra hasta muy tarde: únicamente en la cuarta edición del *Dictionnaire de l'Académie française* (1762) se registra el empleo de la palabra en contextos en los que se muestra a alguien de lo que se está hablando (una demostración en anatomía, por ejemplo). En inglés, los dos significados («demostración» como deducción; «demostración» como señalar) existen juntas desde fecha temprana. Así, tanto los filósofos aristotélicos y los nuevos científicos produjeron demostraciones, pero con esta palabra querían significar cosas radicalmente diferentes.

Otro ejemplo sorprendente es «prueba». Por un lado, empleamos esta palabra para referirnos a pruebas, deducciones y demostraciones en matemáticas, geometría y lógica. Por el otro, hablamos de «la prueba del pastel»^{ccli}, de que un alcohol es de una prueba de 40^{cclii}, o de probar un arma. Así, «prueba» abarca tanto

verdades necesarias y comprobaciones prácticas, y tiene la misma raíz etimológica que *probe*^{ccliii} y probabilidad. Esta ambigüedad proviene del latín (*probo, probatio*) y se encuentra en todos los idiomas modernos derivado del latín (español: probar; italiano: *provare*; alemán: *probieren*; francés: *prouver*, aunque en francés existe también *éprouver*, poner a prueba^{ccliv}, de modo que en francés moderno *prouver* ha perdido el sentido de «poner a prueba»). Una prueba, al menos en matemáticas y lógica, es un absoluto; o se prueba una cosa, o no. En cambio, la evidencia (para emplear la palabra inglesa^{ccliv} moderna) es algo de lo que se puede tener más o menos. En el derecho romano dos testigos pueden proporcionar una prueba completa de culpabilidad; un testigo y una confesión pueden servir también, o un testigo y una evidencia circunstancial (por ejemplo: el cuchillo del acusado se encontró en la víctima). A los abogados del Renacimiento se les enseñaba a hablar de media prueba o de prueba completa.

En los casos en los que una prueba no era completa y no había una manera alternativa de obtener evidencia, se usaba legalmente la tortura (en países que seguían los principios del derecho romano), desde el siglo XIII al XVIII, en la esperanza de obtener evidencia completa. En el caso de Della Porta, por ejemplo, el tribunal de la Inquisición votó para torturarlo moderadamente (*leviter*) a la vista de su mala salud; después, transcurrida una semana, por suerte para Della Porta, cambiaron de opinión. No tenemos ningún

documento que nos indique los pensamientos y sentimientos de Della Porta durante aquella semana⁶⁸⁵. Quizá enfermó tanto ante la perspectiva de la tortura que ya no podía ser torturado (porque había que pasar un examen médico y ser declarado adecuado antes de ser sometido a tortura; la Inquisición era escrupulosa en estos asuntos). Alguien contra quien existía una prueba incompleta de culpabilidad (alguien que había sido torturado sin que confesara, por ejemplo Maquiavelo en 1513), no era culpable ni inocente, pero podía ser castigado adecuadamente por haber dado pie a la sospecha (esto es lo que le ocurrió a Della Porta, y a Galileo cuando fue juzgado por la Inquisición en 1633; Maquiavelo tuvo la buena suerte de ser liberado debido a una amnistía). Francis Bacon, cuando escribe sobre experimentos utiliza las frases «la inquisición de la naturaleza» y «la naturaleza incomodada». ¿Significa esto torturar a la naturaleza para extraer una respuesta⁶⁸⁶? El propio Bacon había visto torturar en el potro a hombres sospechosos de traición, aunque normalmente no se empleaba la tortura en los procesos judiciales ingleses. En un mundo en el que

⁶⁸⁵ Valente, «Della Porta e l'Inquisizione» (1999), 422.

⁶⁸⁶ Para animados debates sobre este asunto, véase Pesic, «Proteus Rebound» (2008); Merchant, «The Violence of Impediments» (2008); Vickers, «Francis Bacon, Feminist Historiography and the Dominion of Nature» (2008); y Park, «Response to Brian Vickers» (2008). El hecho de que la naturaleza sea femenina no me parece particularmente relevante en este caso: hombres y mujeres fueron torturados indiscriminadamente. Compárense los dos lemas legales *magister rerum usus* y *magistra rerum experientia*: el hecho de que la experiencia sea una maestra y la práctica (*usus*) un maestro, es irrelevante. O nuestra propia tradición de referirnos a las barcas como femeninas. Por otro lado, a Maquiavelo sí que le importa que la fortuna sea una mujer que, en consecuencia, puede ser dominada, de modo que *podiera* ser relevante que la naturaleza sea hembra.

constantemente se empleaban metáforas legales cuando se discutía acerca del saber (tal como hemos visto, la palabra «hecho» es una metáfora totalmente legal), las cuestiones de prueba siempre llevaban consigo la posibilidad de tortura como una manera (metafórica) de proceso judicial, pero en la ley inglesa «inquisición» (una indagatoria es una inquisición) e «incomodar» no conllevan necesariamente la implicación de tortura.

William Gilbert, al escribir en latín *De magnete*, es consciente, como cabría esperar, de la dificultad de emplear términos como «prueba» y «demostración» para describir lo que hacen los experimentos. Su término preferido es la palabra posclásica *ostensio*, una exposición o muestra, que define como «una demostración manifiesta mediante un cuerpo». En otras palabras, no proporciona una demostración en el sentido lógico o matemático, sino que hace aparente una realidad física. Pretende, dice, mostrarnos cosas como si las señalara con el dedo. Cuando leemos su libro somos un «testigo virtual» de sus experimentos⁶⁸⁷.

§ 2.

⁶⁸⁷ Gilbert, *De magnete* (1600), «*Verborum quorundam interpretatiu*» (*vi[r]). Existen dos traducciones de Gilbert, de la que hay que preferir la primera: Gilbert, *On the Magnet* (1900); Gilbert, *De magnete* (1951). Sobre señalar, Gilbert, *On the Magnet* (1900), ii, Shapin introdujo el concepto de «testigo virtual» en el contexto de los informes experimentales de Boyle: Shapin, «Pump and Circumstance» (1984), pero hay testigos virtuales antes de Boyle; en particular, Pecquet, *New Anatomical Experiments* (1653), una obra que Boyle leyó, emplea todas las técnicas literarias identificadas por Shapin en su descripción de las vivisecciones. (Debo este punto a Jamie Newell).

Este capítulo empezó en 1648, con el experimento de Pascal en el Puy de Dôme, pero Pascal no fue el primer científico experimental. Tomemos, por ejemplo, la evolución del pensamiento de Galileo en la cuestión de la flotabilidad. Empezó como un admirador de Arquímedes. En un texto temprano y no publicado de la década de 1590, buscaba demostrar que el principio de Arquímedes, que un cuerpo flota cuando desplaza su propio peso en agua, es necesariamente verdadero⁶⁸⁸. El texto de Arquímedes había estado disponible en latín desde el siglo XII, y se había publicado por primera vez en 1544. Las primeras ediciones de Arquímedes llevan ilustraciones que muestran objetos flotando en un extenso océano de agua, un océano que se extiende alrededor del globo, y Galileo dibujó estos esbozos en su propio texto.

Es perfectamente correcto afirmar que en un fluido sin límites un cuerpo que flota desplaza su propio peso en agua. Pero cuando revisó su texto, Galileo representó objetos flotando en contenedores, como un depósito situado sobre una mesa. Cuando se pone un bloque de madera en un depósito, el nivel del agua en el mismo sube. Al principio, Galileo pensaba que el volumen de agua por encima de la superficie anterior correspondía al volumen de agua desplazado por el objeto, y el peso del agua por encima de la superficie anterior correspondía al peso total del objeto, según el

⁶⁸⁸ La discusión que sigue está muy influida por Palmieri, «The Cognitive Development of Galileo's Theory of Buoyancy» (2005), aunque mi interpretación difiere de la suya. La fuente clave en traducción está en Drake, *Cause, Experiment and Science* (1981), y una discusión crucial es Shea, *Galileo's Intellectual Revolution* (1972), 16-22.

principio de Arquímedes. Como veremos, esto es falso. A diferencia de intérpretes anteriores de Arquímedes, Galileo se había preguntado qué tipo de aparato experimental serviría para ilustrar el principio de Arquímedes; lo que no había comprendido es que este aparato serviría para demostrar que el principio de Arquímedes es incompleto.

Veinte años después, en 1612, Galileo estaba enzarzado en un debate con filósofos aristotélicos. Los objetos más pesados que el agua, le aseguraban, flotan si tienen la forma adecuada. Así, una astilla de ébano, que es más pesado que el agua, flota si se coloca en la superficie de un cubo de agua. Provocado, Galileo se embarcó en una serie de experimentos para estudiar cuerpos flotantes. Las astillas de ébano, encontró, flotan si están secas para empezar y si se colocan suavemente sobre la superficie del agua, pero lo mismo pasa con las agujas de metal. Si ya están todas húmedas, se hunden. Galileo exploraba el fenómeno que denominamos «tensión superficial».

Galileo también quería construir un objeto que se sumergiera totalmente pero no se hundiera: un objeto con la misma gravedad específica que el agua. Tomó algo de cera, la mezcló con limaduras de hierro y la modeló en una bola: cuando tuvo la mezcla adecuada flotaba justo por debajo de la superficie del agua. En este caso, escribió, en un texto preliminar, el volumen y el peso del agua desplazada corresponde al volumen y al peso de la bola, según el principio de Arquímedes... excepto que no es así. Todavía repetía su viejo error.

En este punto, Galileo tenía la sensación de que algo estaba mal. Volvió a su antiguo experimento mental y empezó a estudiarlo detenidamente, esta vez con la ayuda de depósitos reales, bloques de madera reales y fragmentos de mármol. Intentó hacer flotar el mismo bloque de madera y hundir el mismo bloque de mármol en tres depósitos diferentes, y dedujo la fórmula matemática que determina la medida en que el agua del depósito sube por la introducción de los bloques. Ahora entendía la cuestión del desplazamiento en términos de volumen, y entonces solo hacía falta un paso fácil para entenderla en términos de peso⁶⁸⁹. Para Galileo resultaba ahora evidente que cuando un bloque de mármol se introduce en un depósito de modo que solo una parte del mismo esté sumergida, este no desplaza agua equivalente al volumen de esta parte del bloque que termina bajo el agua; desplaza únicamente el agua equivalente al volumen de aquella parte del bloque que se encuentra bajo el *nivel original* de la superficie. En consecuencia, un bloque de madera que flota en un depósito desplaza menos de su propio peso en agua. Según el principio de Arquímedes, si el agua tuviera que ocupar el volumen del bloque que está bajo el agua, esta agua pesaría lo mismo que todo el bloque. El principio de Arquímedes no era de aplicación.

Galileo se dispuso a confirmar su nueva teoría con un experimento muy sencillo⁶⁹⁰. Tomó un pequeño depósito rectangular y puso en él

⁶⁸⁹ Galilei, *Le opera* (1890), vol. 4, 52-54.

⁶⁹⁰ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 4, 54-55.

un bloque grande de madera que encajaba ajustadamente. Entonces vertió agua hasta que llegó al momento exacto en el que la madera empezó a flotar. Intentaba demostrar (y consiguió demostrar) que la proporción entre la profundidad del agua y el peso total del bloque corresponde a la relación de los pesos de volúmenes iguales de madera y agua. Pero también demostraba algo muy extraño, que se seguía de su nuevo descubrimiento: podía hacerse que un volumen muy pequeño de agua hiciera flotar un objeto muy grande y pesado; de hecho, el agua que había en el depósito podía pesar menos que el bloque de madera que levantaba; lo que, según el principio de Arquímedes tal como se entendía tradicionalmente, era imposible. (El lector puede hacerlo poniendo una pequeña cantidad de agua dentro de un enfriador de botellas de vino y después haciendo flotar en él una botella de vino).

Ahora, finalmente, Galileo entendía bien el principio de que cuando se introduce el bloque de madera en el depósito y el nivel de agua en este sube, el volumen de agua desplazado corresponde solo a la porción del bloque bajo la antigua línea del agua, más baja, que es mucho menos que el espacio ocupado por la porción del bloque que se halla debajo de la nueva línea del agua, más alta. Cuanto más exactamente el depósito encaja alrededor del bloque, más poderoso es este efecto, porque el agua no es desplazada a los lados por la introducción del bloque (como ocurriría en un fluido sin límites), sino que es desplazada hacia arriba. Galileo había establecido que la relación entre el peso de un objeto flotante y el peso del agua desplazada por él en un recipiente limitado no es comparable al de

dos pesos en cada uno de los dos extremos de una balanza, sino más bien al de dos pesos en cada uno de los dos extremos de una palanca. El principio de Arquímedes es un caso límite, no un principio universal. Sin pretenderlo, Galileo había inventado una prensa hidráulica elemental^{ccxvi}.

Galileo publicó estos resultados en 1612, y provocaron un breve frenesí de debate, pero pasaron desapercibidos fuera del norte de Italia. Los filósofos no quedaron convencidos y continuaron como antes, y los matemáticos no quedaron impresionados: esto no eran matemáticas tal como ellos las entendían. Galileo había sido un científico experimental durante un cierto tiempo, una década, aproximadamente (de hecho, desde que había leído *De magnete* de William Gilbert). Pero esta era la primera vez que publicaba los resultados de una serie de experimentos, basados en experimentación sistemática. Pero muy pocas personas le prestaron atención.

§ 3.

No hay nada nuevo en la idea de poner a prueba una teoría; es perfectamente fácil demostrar que Ptolomeo y Galeno habían realizado experimentos, y la *Óptica* del primer gran científico experimental, Ibn al-Haytham (965-c. 1040), ya se había traducido al latín en 1230 (momento en el cual Ibn al-Haytham adquirió su

nombre occidental de Alhacén^{cclvii}). ⁶⁹¹ Pronto estuvo ampliamente disponible en manuscrito y apareció impresa en 1572. La incógnita es por qué el ejemplo de Ibn al-Haytham no fue seguido más ampliamente, porque sería difícil sobrestimar la importancia de sus logros. Utilizando un riguroso método experimental, refutó la teoría convencional de la extromisión de la visión (que la visión es posible por rayos que salen del ojo) y defendió la teoría de la intromisión (que la visión es posible por rayos que penetran en el ojo desde el objeto); produjo la primera declaración completa de la ley de la reflexión, y estudió asimismo la refracción; diseñó la primera cámara oscura verdadera; realizó enormes avances hacia una comprensión de la fisiología del ojo (aunque no consiguió entender que a través del cristalino se proyecta una imagen invertida sobre la retina, en la parte posterior del ojo); y sentó las bases intelectuales de la ciencia de la perspectiva artificial. La óptica medieval dependía en gran medida de su contribución, y fue, sin lugar a dudas, el mejor ejemplo de un científico experimental antes de Gilbert^{cclviii}.

Si Ibn al-Haytham ofrecía gran cantidad de experimentos reales, la filosofía medieval estaba también llena de experimentos mentales dedicados a comprobar las implicaciones de las teorías⁶⁹². ¿Qué ocurriría, por ejemplo, si perforáramos un túnel que atravesara el centro de la Tierra y después dejáramos caer un objeto en el túnel?

⁶⁹¹ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 143 n. 22; Lindberg, «Alhazen's Theory of Vision» (1967). La traducción latina se ha editado recientemente: Ibn al-Haytham, *Alhacen's Theory of Visual Perception* (2001) y volúmenes siguientes.

⁶⁹² King, «Medieval Thought-experiments» (1991).

¿Se detendría al llegar al centro, su lugar natural de reposo? ¿O seguiría acelerando? ¿Oscilaría hacia delante y hacia atrás hasta que terminara por detenerse? Obviamente, este experimento mental no podría llevarse a cabo en la práctica (y nadie intentó emplear un péndulo como sustituto^{cclix}), pero a menudo los experimentos se describen de manera que resulta difícil decir si se llegaron a efectuar realmente o no, y esto continuó siendo cierto en el siglo XVII. Boyle se quejaba de que Pascal describía experimentos (realizados bajo seis metros de agua) que no era posible que hubiera efectuado, e historiadores modernos han manifestado la misma queja contra Galileo (aunque, debe decirse, casi siempre erróneamente⁶⁹³).

El enigma, por lo tanto, no es si hubo una ciencia experimental antes de la Revolución Científica, porque es fácil encontrar ejemplos; más bien, es por qué hubo tan poca, en particular dado el ejemplo que proporciona Ibn al-Haytham y la prevalencia de los experimentos mentales. No es difícil identificar varios factores relevantes.

En primer lugar, la experimentación implica trabajo manual. Aunque se ha dicho que el cristianismo, en particular la tradición monástica, concedía al trabajo manual un valor mayor que lo que había hecho el mundo antiguo, todavía había una considerable resistencia en la cultura medieval y, de hecho, en la del

⁶⁹³ Boyle, *Hydrostatical Paradoxes* (1666), 5-6 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 5, 206; sobre Galileo, Wootton, *Galileo* (2010), 78 (la equivocación se origina con Koyré, «Galilée et l'expérience de Pise» (1973), publicado por primera vez en 1937).

Renacimiento, al trabajo físico. Los primeros experimentadores se sentían felices de usar sus manos. Se nos dice que a Galileo le encantaba construir pequeñas máquinas de niño (a Newton también⁶⁹⁴), y que Torricelli era muy hábil con las manos. La experimentación era un asunto práctico, manual.

En segundo lugar, la posición dominante que adquirió la filosofía natural aristotélica en las universidades medievales tuvo como resultado una doble inhibición sobre la experimentación. Primera, siempre que Aristóteles hubiera discutido un tema con una cierta extensión, se suponía que ya se disponía del conocimiento adecuado del mismo (una razón por la que la óptica pudo desarrollarse como una disciplina intelectual era que el primer tratamiento importante sobre el tema lo hizo Euclides, no Aristóteles); y segunda, la tradición aristotélica insistía en que la forma más elevada de conocimiento era el conocimiento deductivo, o silogístico.

Los filósofos medievales, como Robert Grosseteste (c. 1175-1253), produjeron un informe bastante detallado acerca de cómo se podría operar desde la experiencia a la generalización teórica, y después usar las generalizaciones teóricas para deducir los hechos (o, más bien, los fenómenos) de la experiencia. Pero el meollo del asunto es que este procedimiento solo había de emplearse cuando no hubiera primeros principios obvios a partir de los cuales trabajar, y que se veía (de manera perfectamente correcta) que era totalmente compatible con el punto de vista de Aristóteles sobre el saber

⁶⁹⁴ Westfall, *Never at Rest* (1980), 60-64.

científico. Así, Grosseteste afirmaba que podemos saber a partir de primeros principios que todo movimiento en los cielos es circular (si el movimiento no fuera circular, se abriría espacio vacío entre los orbes celestes, y esto es imposible, porque un vacío es imposible), pero no podemos deducir la forma de la Tierra a partir de primeros principios. En consecuencia, hemos de llenar este vacío basándonos en la experiencia, y la experiencia proporciona evidencia convincente de que la tierra es esférica (por ejemplo, los eclipses tienen lugar a una hora más temprana del día en puntos situados más al este, y más tarde en el día en puntos situados más al oeste; la Estrella Polar se hunde hacia el horizonte a medida que uno se desplaza hacia el sur⁶⁹⁵).

Así, la experiencia y el experimento solo han de invocarse para llenar lagunas en un sistema de conocimiento fundamentalmente deductivo, nunca para cuestionar la fiabilidad del propio conocimiento deductivo; y estas lagunas siempre fueron de importancia limitada dentro de un programa de estudios centrado en los textos de Aristóteles. (La opinión de Grosseteste de que la forma de la tierra era una cuestión puramente empírica no dejó de tener consecuencias, porque abrió el espacio intelectual para que él adoptara la teoría de la Tierra de una esfera). La práctica de Grosseteste demuestra una notable indiferencia al procedimiento experimental; así, formuló un principio general de refracción, pero simplemente supuso que, como la ley de la reflexión, implicaba

⁶⁹⁵ Sacrobosco, Peurbach *et al.*, *Textus sphaerae* (1508), 87v.

ángulos iguales, y nunca realizó las pruebas elementales que le hubieran demostrado que esta suposición estaba fuera de lugar. Produjo una nueva teoría del arco iris que destacaba el papel de la refracción, mientras que Aristóteles solo había mencionado la reflexión; pero no hay evidencia de que Grosseteste realizara nunca experimentos para poner a prueba su teoría⁶⁹⁶. En 1953, Alistair Crombie publicó un libro titulado *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science*. A lo largo de su vida, Crombie se fue retractando lentamente de las afirmaciones que había hecho en el libro. En 1994 estaba preparado para escribir:

Es difícil decir si un pensador tan independiente como Robert Grosseteste se vio a sí mismo haciendo y encontrando algo nuevo, más allá de sus autoridades, distinto de descubrir su significado real. Parece poco probable. Roger Bacon [1214-1294, un seguidor de Grosseteste y a menudo proclamado como un exponente de la ciencia experimental en la Edad Media] consideraba que el trabajo científico contemporáneo era una recuperación del saber antiguo y olvidado. Quizá de esta mentalidad, así como de la copia literal y acrítica, vino el hábito medieval de informar de observaciones y experimentos citados como si fueran originales⁶⁹⁷.

⁶⁹⁶ Eastwood, «Robert Grosseteste's Theory of the Rainbow» (1966).

⁶⁹⁷ Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), 348. Para un ejemplo de alguien que afirma falsamente haber realizado un experimento, véase *ibid*, 380-381. La interpretación cambiante de Crombie sobre Grosseteste puede hacerse remontar a sus textos más antiguos, en los que Grosseteste es un fundador de la ciencia experimental (Crombie, «Grosseteste's Position in the History of Science», 1955), a lo largo de sus últimos textos, hasta las formulaciones muy cautas con las que terminó su carrera: véase Eastwood, «On the Continuity of Western Science» (1992). Para un criticismo posterior, Eastwood, «Grosseteste's "Quantitative" Law of Refraction» (1967);

En tercer lugar, la experimentación implica a la vez un estudio del mundo externo y una capacidad para generalizar. Requiere una capacidad de moverse hacia delante y hacia atrás, entre lo concreto y lo abstracto, el ejemplo inmediato y una teoría científica, y este movimiento es, desde el punto de vista conceptual e histórico, problemático. Los griegos nunca pensaron que el conocimiento (*episteme*) fuera conocimiento del mundo externo, porque para ellos la razón siempre era universal y eterna; la mente era una con lo que conocía⁶⁹⁸. En la Edad Media, por ejemplo, Grosseteste adoptó un punto de vista neoplatónico según el cual el verdadero conocimiento se basaba en la iluminación, y la forma perfecta de conocimiento era la de los ángeles, que no necesitaban experiencia sensorial de la realidad para conocer la mente divina y, a través de ella, el universo⁶⁹⁹. Esto tuvo una influencia continuada en el período moderno temprano: Descartes intentó volver a captar una concepción platónica del saber como si esta fuera la que es evidentemente verdadera, e incluso Galileo buscaba, siempre que era posible, presentar sus nuevas ciencias como demostraciones matemáticas, no extrapolaciones empíricas. Dentro de esta tradición el conocimiento es ante todo mental, conceptual, teórico y, al final, matemático.

Eastwood, «Medieval Empiricism» (1968); Serene, «Robert Grosseteste on Induction» (1979); y Southern en Crombie (ed.), *Scientific Change* (1963), 305.

⁶⁹⁸ Cranz, *Reorientations of Western Thought* (2006).

⁶⁹⁹ Eastwood, «Medieval Empiricism» (1968), 306-311; y Serene, «Robert Grosseteste on Induction» (1979), 103.

Así, los matemáticos, como miembros de una disciplina intelectual, se hallaban indecisos entre dos tipos de conocimiento: Platón y Euclides parecían justificar una forma teórica, puramente abstracta de conocimiento; mientras que las ciencias aplicadas de la astronomía, la cartografía y la fortificación alentaban una orientación empírica, práctica. Entre los antiguos, Arquímedes parecía haber salvado esta divisoria al demostrar de qué manera la teoría podía dedicarse a fines prácticos, pero la tensión entre los dos enfoques todavía continuaba en Newton, que quería presentar su saber, hasta donde fuera posible, como pura teoría, al tiempo que insistía en que se basaba en evidencia y que tenía aplicaciones prácticas.

El cristianismo católico, en cambio, estaba comprometido con la creencia de que la verdad se encuentra fuera de nosotros: la crucifixión de Cristo y la transubstanciación de la hostia durante la misa no son acontecimientos de la mente, sino del mundo externo. Así, los filósofos interpretaban que Aristóteles basaba el conocimiento en la sensación, y la sensación se reinterpretaba como conocimiento de una realidad exterior a quien la percibe. Pero (y este es un gran pero) las verdades de la religión no suelen estar dispuestas normalmente a la percepción sensorial; en la misa, el pan y el vino continúan teniendo el aspecto de pan y vino. De ahí la importancia de los milagros, cuando la percepción sensorial confirma la divina verdad.

El énfasis medieval en la realidad externa abrió el camino al nominalismo que, en reacción contra el platonismo y las

interpretaciones platonizadoras de Aristóteles, insistía en que solo existen individuos concretos y que las abstracciones solo son ficciones mentales... pero al hacerlo dejaba poco margen para un movimiento que volviera de lo particular a lo general. Las cosas son como son no debido a algún tipo de orden natural o necesidad, sino porque Dios eligió hacerlas así. El mismo mundo es una especie de milagro, y lo que ocurrió ayer no tiene por qué ocurrir mañana⁷⁰⁰.

Así, la experimentación necesitó un acto de equilibrio muy problemático entre el idealismo platónico y un empirismo tosco. Los experimentadores han de insistir en la particularidad de la experiencia, pero también han de afirmar que de ejemplos específicos pueden extraerse conclusiones generales. Por lo tanto, subyacente a la experimentación ha de haber una teoría de la regularidad y la economía de la naturaleza; el mundo natural ha de ser el tipo de mundo que, en principio, puede ser interpretado mediante experimentos. «Porque, ¿quién duda —se preguntaba Roger Cotes, el socio de Newton—, que si la gravedad es la causa de la caída de una piedra en Europa, sea también la causa de la misma caída en América?»⁷⁰¹ Además, hemos de estar equipados para

⁷⁰⁰ Aquí las cuestiones son complejas, y no pretendo haberlas entendido todas por entero. Tal como lo veo, hay tres fases diferentes: para los griegos, el conocedor es uno con el conocido; para los filósofos medievales, el conocedor puede tener un verdadero conocimiento sensorial del conocido; y para los primeros científicos modernos, la sensación llega a ser un instrumento poco fiable. Véase: Tachau, *Vision and Certitude in the Age of Ockham* (1988); Smith, «Knowing Things Inside Out» (1990); la sección inicial de Buchwald y Feingold, *Newton and the Origin of Civilization* (2013); Tuck, «Optics and Sceptics» (1988); y Cranz, *Reorientations of Western Thought* (2006).

⁷⁰¹ Newton, *The Mathematical Principles of Natural Philosophy* (1729) (prefacio de Cotes, sin paginar). Una visión alternativa, desde luego, es que gran parte de lo que ocurre en la

interpretar el mundo; nuestros sentidos han de seleccionar los rasgos que importan: Diderot dudaba de si una persona ciega podría llegar alguna vez a reconocer el universo como ordenado, y así creado divinamente. Cuando el método experimental tiene éxito a la hora de explicar lo que previamente era inexplicable, de esta manera no solo establece teorías científicas concretas, sino que también confirma la validez del enfoque general que apuntala la experimentación. La experimentación que tiene éxito construye confianza en el método experimental; la que fracasa, la socava.

Un problema adicional era que un experimento es un artefacto. La filosofía aristotélica establecía una distinción clara entre lo natural y lo artificial: comprender uno no proporciona ninguna base para comprender el otro. En algunos casos esto es evidente: un cometa no me ayudará a comprender cómo vuela un pájaro, o un motor de vapor cómo funciona un músculo. Los objetos naturales tienen, para un aristotélico, sus propios principios formativos internos, mientras que los objetos artificiales están hechos según un diseño impuesto desde fuera. La distinción entre naturaleza y artificio iba incluso más allá: se suponía que las reglas que regían el comportamiento de objetos artificiales eran diferentes de las que operaban en el mundo de la naturaleza, de manera que una máquina nos podía permitir engañar a la naturaleza al obtener más

naturaleza no es regular ni predecible: Céard, *La Nature et les prodiges* (1996); y Daston y Park, *Wonders and the Order of Nature* (1998).

trabajo del que se ponía en ella. Galileo fue el primero en demostrar que esto no podría ocurrir nunca.

Es evidente que a menudo podemos comprender mejor lo que hacemos que comprender lo que produce la naturaleza, y este principio puede extenderse, por ejemplo, a las matemáticas, donde somos nosotros los que determinamos las reglas de la iniciativa. Así, en 1578, Paolo Sarpi escribió:

*Sabemos con certeza tanto la existencia como la causa de aquellas cosas que sabemos cómo hacer completamente; de aquellas cosas que conocemos solo por experiencia, sabemos la existencia pero no la causa. Al conjeturarla, buscamos solo una causa que sea posible, pero entre muchas causas que encontramos posibles no podemos estar seguros de cuál es la verdadera*⁷⁰².

Sarpi da como ejemplos de conocimiento del que estamos seguros las matemáticas y los relojes, porque hemos hecho lo que sabemos, y la astronomía como ejemplo de conocimiento en el que podemos dar con una posible respuesta cierta (el sistema copernicano, pongamos por caso), pero que nunca podremos estar seguros de que sea correcta. Sarpi no compartió nunca la convicción de su amigo Galileo de que el copernicanismo era obviamente cierto.

⁷⁰² Citado de Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), 1102 (para el texto original, véase Sarpi, *Pensieri naturali*, 1996, 3).

Un enfoque de este tipo implica que el tipo de conocimiento que se obtiene mediante experimento no necesita ser una guía fiable de cómo funciona la naturaleza. El hecho de que yo pueda hacer un vacío en el laboratorio, por ejemplo, no tiene por qué significar que en la naturaleza pueda tener lugar nunca un vacío. A menudo se dice que William Harvey demostró que el corazón es una bomba; pero en *De motu cordis* él nunca comparó el corazón a una bomba: después de todo, las bombas son artificiales y los corazones son naturales. Sería peligroso basarse en una tal comparación⁷⁰³. En cambio, el principio del «conocimiento del hacedor» implica que si hago un vacío en el laboratorio, entonces tengo un conocimiento real de qué es lo que he hecho⁷⁰⁴. Así, la confianza en el conocimiento experimental requiere que la distinción natural/artificial sea socavada y sustituida por la convicción de que realizando procedimientos que correspondan a procesos naturales puedo tener un conocimiento real de dichos procesos.

La primera persona que insistió como cuestión de principio que el conocimiento de los artefactos podía contar como conocimiento de la naturaleza fue Francis Bacon, quien dijo que «las cosas artificiales difieren de las cosas naturales no en forma o esencia, sino solo en la eficiencia»⁷⁰⁵. Así, el conocimiento de un arco iris artificial nos proporciona (tal como veremos en un momento) comprensión causal del arco iris natural, aunque el arco iris artificial se haya producido

⁷⁰³ Webster, «William Harvey's Conception of the Heart as a Pump» (1965).

⁷⁰⁴ Pérez-Ramos, *Francis Bacon's Idea of Science* (1988).

⁷⁰⁵ Weeks, «Francis Bacon and the Art-Nature Distinction» (2007).

por medios diferentes. En un caso como este, el método experimental requiere que nos movamos con fluidez entre la naturaleza y el artificio. Gilbert afirmaba que los pequeños imanes esféricos que utilizaba eran equivalentes a la Tierra; Pierre Guifart, que había observado los primeros experimentos de vacío de Pascal, dijo de los tubos torricellianos: «En ellos se ve realmente una pequeña miniatura del mundo», en el sentido de que se puede ver realmente el peso del aire⁷⁰⁶. Estas afirmaciones no eran directas: los científicos jesuitas se opusieron enérgicamente a la afirmación de Gilbert de que la propia Tierra era un imán, y los que se oponían al vacío protestaban en el sentido de que el tubo de Torricelli era engañoso, porque parecía no contener nada en el espacio situado sobre el mercurio cuando, con seguridad, contenía algo.

Hasta cierto punto, si el mundo es ordenado y predecible, ello se debe a que hemos trabajado para hacerlo así desarrollando tecnologías que nos dan control sobre la naturaleza. Si podemos modelar sus procesos, ello se debe a que hemos desarrollado nuestras propias capacidades para construir artefactos parecidos a los naturales. Por ello era inevitable que los defensores del método experimental en el siglo XVII insistieran en que el universo es como un reloj, porque los relojes son la encarnación de los principios del orden, la regularidad y eficiencia y, además, los hemos construido nosotros. Si pensamos en Dios como un relojero, entonces podemos confiar en que Él habrá hecho el mundo abierto a la investigación

⁷⁰⁶ Dear, *Discipline and Experience* (1995), 153-161.

experimental. En la Edad Media los cielos se habían comparado a un mecanismo de relojería; ahora se afirmaba que el mismo principio de regularidad se iba a descubrir en el mundo sublunar⁷⁰⁷. Finalmente, en la Edad Media no había, desde luego, una cultura de descubrimiento. Incluso los descubrimientos de Ibn al-Haytham eran difíciles de integrar en un sistema de conocimiento que miraba hacia atrás, de manera que la teoría de la visión por extromisión continuó siendo la teoría convencional simplemente porque era la única que respaldaban los autores que tenían la Antigüedad de su lado.

Estos cinco factores ayudan a explicar el éxito limitado de la ciencia experimental en un contexto medieval. Tomemos, por ejemplo, a Teodorico de Friburgo (c. 1250-c. 1310), que llevó a cabo el trabajo experimental más notable en toda la Edad Media cristiana. Teodorico proporcionó la primera explicación satisfactoria del arco iris⁷⁰⁸. Esto implicaba la crítica directa a Aristóteles^{cclix}. Aristóteles había dicho que los arcos iris eran el resultado de la reflexión, mientras que Teodorico demostró que eran el resultado de dos refracciones y dos reflexiones dentro de cada gota de agua. Aristóteles había negado que el color amarillo esté realmente presente en el arco iris, y solo había identificado tres colores; Teodorico insistía que el amarillo era un cuarto color en el arco iris. El análisis de Teodorico dependía en parte de examinar imágenes

⁷⁰⁷ Véase una discusión posterior en el capítulo 12.

⁷⁰⁸ Grant (ed)., *A Source Book in Medieval Science* (1974), 435-441; y Crombie, *Robert Grosseteste* (1953), 233-259.

parecidas al arco iris que encontraba en la vida cotidiana: en el aerosol que emite una noria al girar, en las gotas de rocío sobre una telaraña. Pero también estudió lo que ocurría cuando un rayo de luz penetraba en una bola de cristal llena de agua, según la teoría de que esto proporcionaría un buen modelo de lo que ocurría cuando un rayo de luz atravesaba una gota de lluvia (utilizó un orinal de vidrio, que era una pieza estándar del equipo de cualquier médico medieval y poseía un bulbo esférico). Por la misma época, Kamal al-Din al-Farisi realizaba un experimento similar de manera independiente, dentro de una cámara oscura; al igual que Teodorico, al-Farisi se basaba en el ejemplo que presentó Ibn al-Haytham, y que también habría tenido acceso a orinales de vidrio⁷⁰⁹.

⁷⁰⁹ Boyer, *The Rainbow from Myth to Mathematics* (1959), 125; y Topdemir, «Kamal al-Din al-Farisi's Explanation of the Rainbow» (2007).

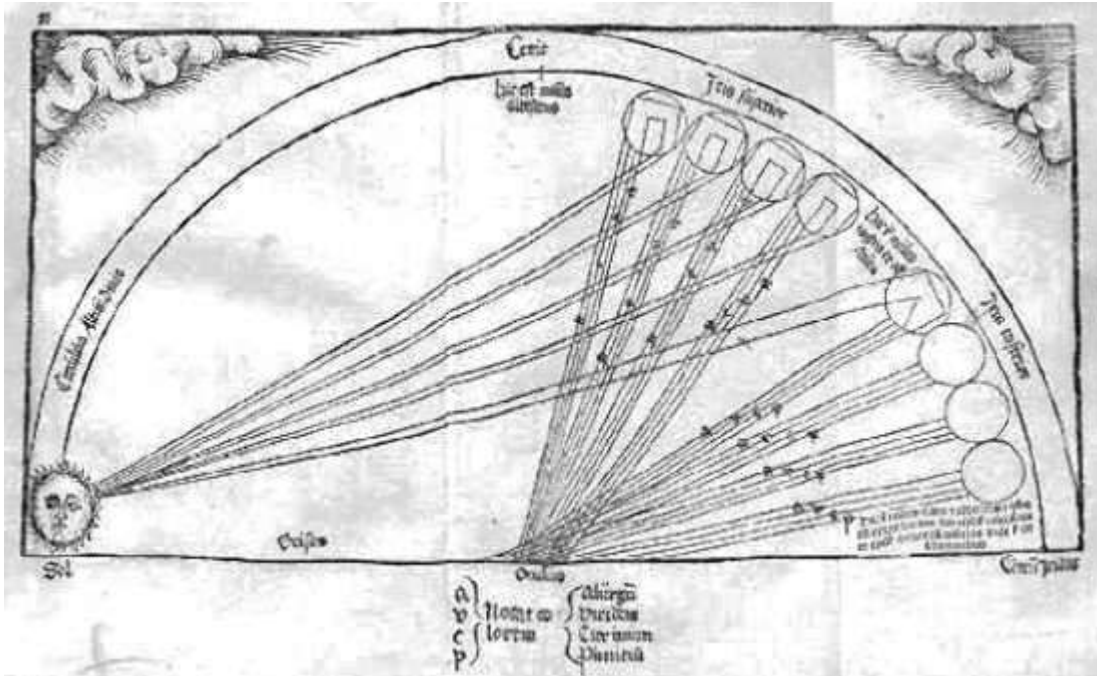


Ilustración que acompañaba el estudio de Teodorico de Friburgo del arco iris, cuando apareció impreso en el manual de Trutfetter (1514). Muestra que al formar un arco iris, cada rayo procedente del sol se refracta dos veces y se refleja dos veces al pasar a través de una gota de agua antes de alcanzar el ojo. Cuando emerge de la gota de agua, la luz blanca se ha escindido en una gama de colores.

(Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).

Solo se conservan tres manuscritos del breve tratado de Teodorico sobre el arco iris, y conocemos únicamente una discusión medieval de su descubrimiento⁷¹⁰. Es verdad que Regiomontano había planeado publicarlo, pero mientras que otros textos que Regiomontano había planeado publicar aparecieron impresos a su

⁷¹⁰ Crombie, *Robert Grosseteste* (1953), 233.

debido tiempo, el pequeño tratado de Teodorico no lo hizo⁷¹¹. En 1514 se presentó un resumen de su argumento en un manual de física destinado a estudiantes en Érfurt (y un resumen todavía más breve apareció en 1517, esta vez sin ninguna ilustración⁷¹²). No hay evidencia de que estos resúmenes tuvieran ninguna influencia. Después, el trabajo de Teodorico desapareció completamente de la vista hasta que fue redescubierto en el siglo XIX. Cuando Descartes produjo su estudio del arco iris tuvo que empezar desde cero, a pesar de que en gran parte simplemente repetía el trabajo de Teodorico y de al-Farisi⁷¹³. Así, es importante ver que cuando saludamos a Teodorico como un gran científico, nuestro juicio es esencialmente anacrónico: no les pareció importante a sus contemporáneos ni a sus sucesores, y su influencia es insignificante. Es mucho más probable que su obra hubiera sido conservada y copiada si hubiera tomado la forma de un comentario a la *Meteorología* de Aristóteles (el comentario más ampliamente leído era el de Themo Judaei, que no contiene ninguna referencia a Teodorico), y si no hubiera dependido de complicadas ilustraciones que eran difíciles de copiar con exactitud.

Puede decirse lo mismo acerca de la obra de Ibn al-Haytham. Solo se conserva un manuscrito completo del texto árabe original de la *Óptica*: la inmensa mayoría de las obras de Ibn al-Haytham (escribió

⁷¹¹ Boyer, *The Rainbow from Myth to Mathematics* (1959), 141.

⁷¹² Trutfetter, *Summa in tota[m] physicen* (1514); Trutfetter, *Summa philosophiae naturalis* (1517).

⁷¹³ Buchwald, «Descartes' Experimental Journey» (2008).

doscientos textos) se ha perdido, y el único comentario árabe sobre su obra de óptica que conocemos (antes de la época moderna) es el de al-Farisi (1309)⁷¹⁴. Ibn al-Haytham fue mucho más debatido en el Occidente latino que en el Oriente musulmán, pero incluso en Occidente fue tratado como un texto, no como un manual de práctica experimental. Nadie, hasta donde sabemos, replicó sus experimentos. Así, tanto en la cultura árabe como en la medieval, la experimentación tenía una condición incierta: existía, pero no era admirada ni imitada. Se reconocía como una forma de conocimiento, pero solo de manera marginal. En ambas culturas, Ibn al-Haytham se consideraba un modelo a imitar solo cuando se trataba de buscar una explicación para el arco iris; para la inmensa mayoría de autores medievales, el saber era algo que se encontraría en los libros y que se pondría a prueba mediante razonamiento abstracto; no se iba a encontrar en las cosas ni poner a prueba mediante experimentación.

§ 4.

Así, no había nada en la experimentación en 1648 que careciera de precedentes; había buenos precedentes, uno de los cuales (la *Óptica* de Ibn al-Haytham) era ampliamente conocido, aunque raramente imitado. Más bien, la importancia y la condición del conocimiento experimental sufrieron una transformación peculiar a lo largo del siglo XVII. Se desplazaron de los márgenes al centro^{ccclxi}. Kant afirmaba que el método experimental del siglo XVII (cita a Galileo,

⁷¹⁴ Sabra, «The Commentary that Saved the Text» (2007).

Torricelli y al químico Georg Stahl) representó «la aparición repentina de una revolución intelectual», el momento en el que la ciencia natural entró en «la carretera de la ciencia»; este juicio es sensato si no se entiende que afirma que Galileo y Torricelli fueron los primeros en realizar experimentos, sino, más bien, si se lee en el sentido de sostener que los experimentos previos se consideraban como no más que un sendero⁷¹⁵. Por encima de todo, la experimentación empezó a enfrentarse directamente con afirmaciones básicas que había hecho Aristóteles. Al mismo tiempo, los que realizaban experimentos dejaron de ser individuos solitarios y aislados; se convirtieron en miembros de una red experimental. ¿Por qué cambió exactamente la importancia y la condición del conocimiento experimental? Hemos de observar más de cerca para comprender qué ocurrió.

El primer campo importante para la investigación experimental en el período moderno temprano fue el imán, un tema sobre el que prácticamente no había comentarios clásicos (porque la brújula era desconocida en la Antigüedad), lo que significaba que el enfoque experimental se enfrentó a menos obstáculos que con cualquier otro asunto. Además, la importancia de la brújula en la navegación significaba que el imán estaba destinado a ser un tema de discusión. El primer intento de un estudio experimental del imán se relataba en *Epistola de magnete* («Carta sobre el imán», 1269), de Pierre de Maricourt (Peter Peregrinus de Maricourt); Pierre describe

⁷¹⁵ Kant, *Critique of Pure Reason* (1949), prefacio a la segunda edición (1787).

la polaridad de los imanes, demuestra que los polos iguales se repelen y que los polos diferentes se atraen, y describe cómo se puede magnetizar el hierro. A pesar de que la *Epistola* sobrevive en treinta y nueve copias manuscritas, no hay evidencia de que condujera a trabajo experimental ulterior hasta que finalmente apareció publicada en 1558.⁷¹⁶ Al igual que Ibn al-Haytham, al igual que Teodorico, Pierre de Maricourt no tuvo sucesores inmediatos.

En 1522 Sebastian Cabot había descubierto la variación de la brújula: la aguja no señala directamente al norte, sino algo hacia el este o el oeste, y varía en la medida en que diverge del norte verdadero en función de dónde se halle el observador en la superficie del globo. Este descubrimiento presentaba dificultades fundamentales para cualquier explicación de cómo funcionaba la brújula, pero también planteaba la excitante posibilidad de que la variación pudiera ser lo bastante regular para usarla para medir la longitud. Puesto que la longitud era la pieza de conocimiento que faltaba para los navegantes oceánicos, todos los primeros estudios modernos del imán estaban atentos a la posibilidad de que pudiera llenar este vacío.

Desde el punto de vista cronológico, los tratados de Leonardo Garzoni (que se discuten en el capítulo 7) son la primera obra importante de ciencia experimental moderna, pero aquí la cronología es engañosa, porque en aspectos cruciales son

⁷¹⁶ Para ser exactos, apareció impreso por primera vez antes de 1520, pero la edición es extraordinariamente rara, y no hay ninguna prueba de que nadie lo haya leído nunca. La edición estándar es Peregrinus, *Opera* (1995).

simplemente una continuación de la errática tradición medieval de la experimentación. Su aparato conceptual es aristotélico, y buscan abordar una laguna o anomalía en el esquema aristotélico del conocimiento. Responden a la era de exploración y descubrimiento, pero solo con la intención de preservar y proteger el aparato conceptual de la filosofía tradicional. Y, al igual que los experimentalistas medievales antes que él, Garzoni casi no tuvo impacto. En lo que se refiere a sus colegas, su obra era de interés marginal a menos que pudiera demostrarse que resultaba en un método para identificar la longitud. Solo sobrevive un ejemplar de su manuscrito, y posteriormente los teóricos jesuitas redescubrieron su obra solo porque necesitaban munición para usar contra William Gilbert. Es cierto, como hemos visto, que los tratados de Garzoni fueron recogidos por Della Porta, que robó de ellos material a gran escala, y que al menos puso a prueba sus declaraciones sobre el ajo y los diamantes, pero esto se debía a que el tema del magnetismo, que implicaba fuerzas ocultas e inexplicables, caía de pleno dentro del territorio de la magia natural; no se debía a que Garzoni hubiera convertido a Della Porta a una nueva manera de pensar, o a una práctica experimental nueva y más fiable.

On the Magnet de Gilbert nos lleva a un mundo diferente; de hecho, él afirma estar dedicado a un nuevo tipo de filosofar. (Una pregunta importante es si hubiera hecho esta afirmación con la misma confianza si hubiera leído a Garzoni). Para Gilbert, el método experimental es una alternativa, no un complemento, a Aristóteles. El objetivo de su filosofía es hacer nuevos descubrimientos, no

remendar y arreglar un cuerpo de conocimiento ya existente. De Maricourt y Della Porta eran fuentes cruciales para Gilbert: podemos decir que repitió sus experimentos con cuidado, que es como supo que Della Porta copiaba de una fuente entendida a medias. También tenía la ventaja de que la inclinación de la brújula (es decir, su tendencia a señalar hacia abajo a partir de la horizontal en diferente medida en lugares diferentes) la había descubierto Robert Norman en 1581⁷¹⁷. Gilbert fue el primero en reconocer que la misma Tierra es un imán, y que esta es la razón por la que la aguja del compás señala hacia el norte. Otros antes que él, incluido Digges, habían entendido que la aguja del compás no era atraída hacia una ubicación concreta, ya fuera en los cielos o dentro de la Tierra, pero no habían dado el paso siguiente de pensar que toda la Tierra es un imán⁷¹⁸. Pero este no era el límite de la ambición de Gilbert. Quería demostrar (a partir de una sugerencia de De Maricourt) que un imán tiene una tendencia natural a girar sobre su eje; esto, afirmaba, proporcionaba una explicación para al menos uno de los tres movimientos que Copérnico atribuía a la Tierra. Así, Gilbert hizo experimentos magnéticos relevantes para una rama bien establecida del saber natural, la astronomía. Pero al mismo tiempo fracasó en su objetivo último: no pudo producir un experimento en el que sus imanes giraran espontáneamente.

⁷¹⁷ Pumfrey, *Latitude: The Magnetic Earth* (2001).

⁷¹⁸ Digges y Digges, *A Prognostication Everlasting* (1576), O3v-O4r.

El copernicanismo de Gilbert le garantizaba una respuesta hostil por parte de los estudiosos católicos ortodoxos después que el copernicanismo fuera condenado en 1616⁷¹⁹. Así, Niccolò Cabeo, que reproducía en gran parte los argumentos de Garzoni, continuaba insistiendo en que había dos fenómenos separados, la atracción del hierro por los imanes y la tendencia de los imanes a señalar hacia el polo, no, como Gilbert afirmaba, un fenómeno subyacente al que ambos podían reducirse. También le garantizaba una respuesta favorable de parte de copernicanos como Galileo y Kepler: Galileo dijo que su propio método era parecido al de Gilbert, y Kepler tomó la explicación del magnetismo de Gilbert como un modelo para el tipo de fuerzas que podían impulsar a los planetas en sus órbitas alrededor del sol. Pero, después de Gilbert, el trabajo con imanes no supo descubrir las regularidades que hacen posible el conocimiento experimental. La variación y la inclinación no solo divergían de un lugar a otro, sino que en 1634 un grupo de experimentadores ingleses afirmó que la variación fluctuaba con el tiempo. Esto dependía de su confianza en la fiabilidad de medidas tomadas con décadas de separación; otros se apresuraron a rechazar tales hallazgos como resultado de una técnica defectuosa. La naturaleza no podía ser tan caprichosa. Sin embargo, al final los detractores se vieron obligados a conceder que no solo la variación cambia a lo largo del tiempo, sino que también lo hacía la

⁷¹⁹ Véase las referencias a este en la justificación de Melchior Inchofer de la condena de Galileo en Blackwell, *Behind the Scenes at Galileo's Trial* (2006).

inclinación⁷²⁰. Si la experimentación exitosa depende de que la naturaleza sea económica y regular, entonces el estudio del imán después de Gilbert parecía socavar la convicción de que ello fuera así.

¿Qué tienen en común De Maricourt, Norman, Garzoni, Della Porta y Gilbert? Esencialmente, nada. De Maricourt era un erudito matemático y, a lo que parece, un soldado. Norman era un marino que se dejaba aconsejar por hombres de estudios. Garzoni era un jesuita, un aristócrata veneciano y un filósofo escolástico. Della Porta era un noble napolitano que había hecho una profesión del saber oculto. Gilbert era un médico inglés y defensor de una nueva filosofía. Della Porta estaba preocupado por la simpatía y la antipatía, mientras que Garzoni y Gilbert rehusaron emplear dichas categorías. Este «nada» es importante porque socava la explicación convencional de los orígenes de la ciencia experimental. No sirve proclamar, como hacen los marxistas, que la experimentación de los siglos XVI y XVII implicaba una nueva colaboración entre intelectuales y artesanos cuando ya, en 1269, De Maricourt había dicho que quien estudiara el imán tenía que ser «muy diligente en el uso de sus propias manos», de modo que la destreza manual no era nueva en el siglo XVI. Y no hay nada que sugiera que Garzoni, que ciertamente era diestro, tuviera conexiones con el mundo de los artesanos cualificados⁷²¹. El estudio de la variación y la inclinación

⁷²⁰ Pumfrey, «*O tempora, O magnes!*» (1989).

⁷²¹ Zilsel, «*The Sociological Roots of Science*» (1942), y Zilsel, «*The Origin of William Gilbert's Scientific Method*» (1941) proporciona la explicación marxista clásica. Para De Maricourt,

dependía evidentemente de la colaboración entre navegantes e intelectuales, pero también ocurría lo mismo con toda la ciencia de la cartografía. Al mismo tiempo, nos plantea un problema. Si Gilbert es un ejemplo de un nuevo tipo de científico, ¿qué hace que esta nueva ciencia sea posible?

La brújula permite navegar sin tener el continente a la vista y, naturalmente, la carta introductoria de Edward Wright a *On the Magnet* menciona las circunnavegaciones de la Tierra por marinos ingleses. Pero en su prefacio Gilbert se presenta navegando en un océano muy distinto, un océano de libros. Y, efectivamente, o bien había adquirido libros en enorme cantidad o bien tenía acceso a una biblioteca notable, porque *On the Magnet* empieza con la primera revisión sistemática de la literatura. Gilbert había leído todo lo que se había escrito sobre el imán. Ningún autor antiguo o medieval (al menos no desde que la gran biblioteca de Alejandría se incendió en 48 AEC) podría haberlo hecho. Gilbert puede declarar con seguridad que ha hecho nuevos descubrimientos porque sabe exactamente qué se conocía antes. Insiste en que el saber no procede de los libros *únicamente*, sino del estudio de las cosas; pero la simple verdad es que el océano de libros es tan importante para sus investigaciones como lo son los océanos.

De modo que podríamos querer declarar que es el libro (o, mejor, en este caso, la biblioteca bien surtida) lo que transforma la condición

Radelet de Grave y Speiser, «Le "De magnete" de Pierre de Maricourt» (1975), 203 (traducción francesa).

del experimento; al cristalizar el conocimiento antiguo, la biblioteca hace posible el nuevo conocimiento. En el caso de la anatomía, *De humani corporis fabrica*, de Vesalio, había funcionado como una biblioteca entera, pero cada nuevo campo requería una empresa parecida de asimilar el conocimiento existente antes de que pudieran empezar nuevos descubrimientos. La imprenta hizo los hechos, como vimos en el capítulo 7; y por un momento empieza a parecer como si también pudo haber hecho la nueva filosofía experimental.

Pero lo que es importante para Gilbert no es solo aprender de los libros, ni siquiera la realización de experimentos. Hay un tercer elemento en esta nueva ciencia. Da las gracias a

*algunos hombres cultos, quienes durante largos viajes han observado las diferencias de la variación magnética: los más eruditos Thomas Harriot, Robert Hues, Edward Wright, Abraham Kendall, todos ingleses. Otros hay que han inventado y producido instrumentos magnéticos, y han preparado métodos de observación, indispensables para los marinos y para los que viajan lejos; como William Borough en su librito *The Variation of the Compass o aguja magnética*, William Barlowe en su *Supply*, Robert Norman en su *Newe Attractive*. Y este es el Robert Norman (un marino hábil y un artífice ingenioso) que fue el primero en*

*descubrir la declinación [es decir, la inclinación] de la aguja magnética*⁷²².

Así, Gilbert agradece a una pequeña comunidad de expertos, a muchos de los cuales conoce personalmente (Harriot, Borough y Norman, por ejemplo; Edward Wright era un estrecho colaborador). Mientras que todos los experimentadores previos, desde Galeno a Garzoni, parecen haber trabajado en aislamiento, aquí tenemos por vez primera una comunidad científica en funcionamiento, y la calidad de la obra de Gilbert depende en parte de su pertenencia a dicha comunidad. No hay duda de que el descubrimiento posterior de la variación de la variación dependía de tener una comunidad de expertos estrechamente unida, expertos que utilizan los mismos instrumentos y técnicas y que reconocen la exactitud de las medidas tomadas por los demás durante períodos de tiempo prolongados.

§ 5.

Sería difícil exagerar el impacto de *On the Magnet* de Gilbert, no porque todos estuvieran interesados en los imanes sino porque por primera vez se había presentado el método experimental como capaz de tomar el relevo de la indagación filosófica tradicional y de transformar la filosofía. En la empresa de Gilbert era fundamental la afirmación de que se podían reproducir sus experimentos y confirmar sus resultados: efectivamente, su libro era una colección

⁷²² Gilbert, *On the Magnet* (1900), 7-8.

de recetas experimentales. En Padua, en 1608, Galileo copió la técnica de Gilbert para armar un imán enrollando alambre de hierro sobre el mismo, la usó (sin reconocer su deuda con Gilbert) para crear lo que afirmaba que era el imán más potente del mundo y para vender rápidamente su superimán por una elevada suma de dinero al gran duque de Florencia⁷²³. También otros copiaban seguramente los experimentos de Gilbert y los ponían a prueba, aunque parece que nadie hubiera encontrado una manera de ganar dinero haciéndolo. Vale la pena señalar que no hay documentación que indique que nadie hubiera afirmado que los resultados experimentales de Gilbert no podían ser replicados. La replicación es una cuestión polémica en la historia de la ciencia pero, en lo que concierne a la historia del magnetismo, las cosas son claras: los buenos resultados pueden replicarse, y los malos (que incluirían algunos de los de Garzoni), no.

No puede haber replicación si no hay alguna forma de publicación o, al menos, comunicación. Dos científicos descubrieron la ley que rige la aceleración de los cuerpos que caen aproximadamente por la misma época: Harriot y Galileo⁷²⁴. Harriot mantuvo sus resultados para sí; Galileo los publicó finalmente en 1632, algunas décadas después de haber hecho su descubrimiento. Afirmaba que, sin considerar la resistencia del aire, los objetos pesados y los livianos caerían a la misma velocidad, de modo que si se dejara caer una

⁷²³ Wootton, *Galileo* (2010), 91-92, 102-103.

⁷²⁴ Sobre Harriot, Schemmel, *The English Galileo* (2008); y Shirley, *Thomas Harriot* (1983).

bala de mosquete y una bala de cañón, o una bola de madera y una bola de plomo del mismo tamaño, simultáneamente desde un edificio alto, llegarían al suelo en el mismo momento. Muy pronto todo tipo de gente dejaba caer objetos desde edificios altos y obtenía resultados bastante diferentes (en realidad, es mucho más difícil de lo que se pudiera pensar dejar caer dos objetos simultáneamente, y muy difícil medir lo separados que están cuando el primero alcanza el suelo). En Francia, Marin Mersenne tuvo muchas dificultades para replicar en 1633 los experimentos de Galileo y realizar mediciones precisas. Allí donde el aristotelismo ortodoxo decía que los objetos caían a una velocidad constante, y que cuanto más pesados eran más rápido caían, Galileo sostenía que aceleraban a medida que caían, y que todos lo hacían según el mismo principio. Sus afirmaciones provocaron una preocupación generalizada con la replicación de sus experimentos, precisamente porque ahora estaba en entredicho la viabilidad de la ortodoxia aristotélica⁷²⁵.

En 1638 Galileo publicó también la afirmación de que si una columna de agua en una bomba de succión o en un tubo con un sello hermético excedía de una determinada altura (9,75 metros, decía), la columna descendería y dejaría un vacío sobre ella. Pensaba (correctamente) que la cuestión clave era el peso del agua: de la misma manera que una cuerda que colgara se rompería por su

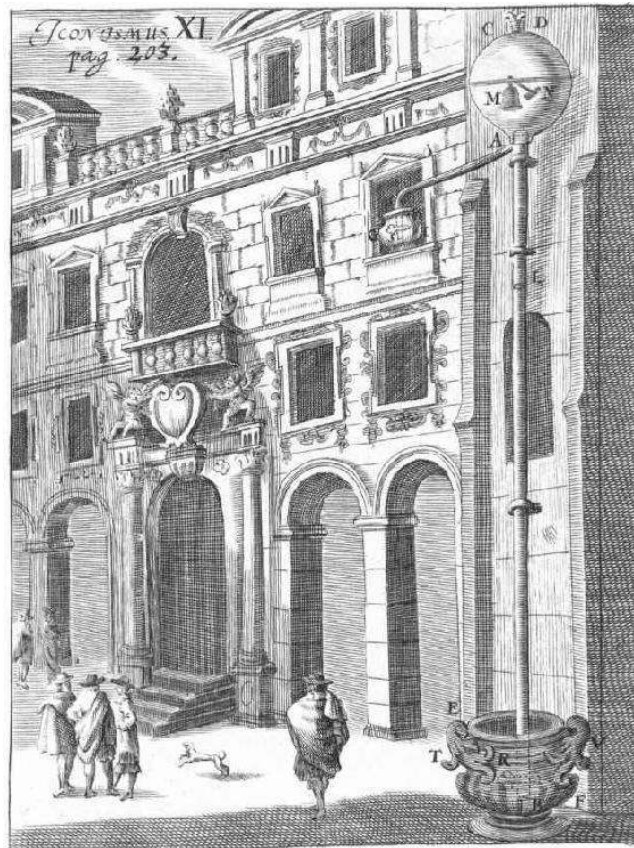
⁷²⁵ Wootton, *Galileo* (2010), 36-42; Wootton, «Accuracy and Galileo» (2010), 49; Dear, *Discipline and Experience* (1995), 67-85, 124-144; Bertoloni Meli, «The Role of Numerical Tables in Galileo and Mersenne» (2004); Sarasohn, «Nicolas-Claude Fabri de Peiresc» (1993); y Palmerino, «Experiments, Mathematics, Physical Causes» (2010).

propio peso si fuera lo bastante larga, así en un punto determinado una columna de agua se rompería. Lo que mantenía unida la columna de agua era una fuerza natural, la resistencia a la creación de un vacío, y esta fuerza era un factor principal a la hora de entender la resistencia de materiales. Esto era contrario a la filosofía aristotélica ortodoxa, que decía que no podía existir tal cosa como un vacío.

Galileo se había aferrado a su explicación a pesar del hecho de que un amigo, Giovanni Battista Baliani, había sugerido una explicación alternativa para el hecho de que las bombas de succión dejaran de funcionar si se les hacía subir agua a más de 18 *braccia* (aproximadamente 10,5 metros), una cifra establecida por la experiencia. La explicación, decía Baliani, era que hasta un determinado punto el peso del agua estaba equilibrado por el peso del aire que presiona sobre todos nosotros todo el tiempo; por encima de este punto la columna de agua no podía ascender y, en una bomba sin pérdidas, se crearía un vacío. No había «resistencia» a la creación de un vacío⁷²⁶. De cualquier manera, las afirmaciones de Galileo y Baliani golpeaban en el corazón mismo de la física aristotélica. Lo que Gilbert había aspirado a hacer, Galileo lo había hecho realmente: había anunciado descubrimientos que estaban totalmente en desacuerdo con la filosofía establecida. Al principio, un ejército de guerrilleros captura puestos de avanzada enemigos e

⁷²⁶ Wootton, *Galileo* (2010), 168-169; Wootton, «Galileo: Reflections on Failure» (2011), 16-18; Shea, *Designing Experiments* (2003), 17-24.

interfiere con las comunicaciones, pero después, si consigue refuerzos, puede acabar pasando de los ataques esporádicos a un enfrentamiento masivo con el enemigo. El *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, de Galileo, era un enfrentamiento a gran escala con la astronomía tradicional; sus *Due nuove scienze* (1638) representó un ataque a gran escala a la física aristotélica. El debate sobre el copernicanismo estuvo distorsionado por la intervención de los teólogos, pero el debate sobre la física podía tener lugar sin esta interferencia. Se había entablado la batalla.



Esta es la representación de Schott (unos veinticinco años después del acontecimiento) del primer intento de crear un vacío en la parte superior de un tubo largo lleno de líquido, en una tentativa de refutar

*la afirmación de Galileo de que aparecería un vacío si la columna de agua tenía más de unos 11 metros de alto. El espacio en la parte superior del tubo se ha expandido para incluir una campana, siguiendo la teoría de que si había un vacío no se oiría ningún sonido. Los experimentos de Gaspare Berti no fueron concluyentes (se oyó un sonido de la campana, lo que sugería que no había vacío), pero proporcionaron la inspiración para la decisión de Torricelli de sustituir el agua por mercurio. El experimento de Berti se describió por primera vez en forma impresa en *Experimenta vulgata* (1648), de Niccolò Zucchi. (Wellcome Trust Library, Londres).*

En Roma, en algún momento después de 1638, un grupo de filósofos ortodoxos se dispuso a demostrar que Galileo estaba equivocado con respecto al vacío. Gasparo Berti construyó un largo tubo de plomo con una ventana en un extremo, lo llenó de agua y lo selló en ambos extremos, después lo volcó sobre un barril de agua y quitó el sello del fondo. Al principio, en la parte superior no apareció ningún espacio vacío, pero entonces se dio cuenta de que necesitaba medir la altura de la columna no desde el suelo, sino desde la parte superior del agua del barril, y levantó un poco más el tubo; al instante la columna de agua descendió y apareció un espacio vacío. Pero ¿estaba realmente vacío? La luz lo atravesaba. Se instaló una campana en la parte superior del tubo, y se podía hacer que sonara, de modo que parecía que había aire presente. (Las vibraciones de la campana debieron transmitirse por el montante que la sostenía, más que por el aire). Los resultados no fueron concluyentes. No

habían refutado ni confirmado la afirmación de Galileo; simplemente, habían producido una anomalía. Y por ello los filósofos dirigieron su mente a otras cosas; más tarde, nadie podía recordar siquiera el año en el que habían realizado dicho experimento, y nadie escribió sobre el mismo en aquella época.

Sin embargo, en Florencia, Torricelli, discípulo de Galileo supo en 1643 de los experimentos de Berti y se dio cuenta de que podía simplificar las cosas utilizando un líquido más denso. Un tubo que contuviera mercurio podría tener la catorceava parte de la altura de un tubo que contuviera agua: si 9,75 metros de agua era la altura crucial con el fin de generar un vacío, entonces solo se necesitaría un poco más de 60 centímetros de mercurio. De modo que repitió el experimento con mercurio, y reprodujo el espacio anómalo. Había llegado a la misma conclusión que Baliani: el espacio contenía un vacío, y el peso del mercurio estaba en equilibrio con el peso del aire. Vivimos, escribió, bajo un océano de aire. Puesto que en algunos días el aire parecía ser más pesado que en otros, razonó que debería poder medir el peso cambiante del aire. Pero su barómetro produjo resultados enigmáticos e inconsistentes (probablemente estaba húmedo cuando introdujo el mercurio), y lo dejó de lado... y después murió antes de que pudiera enterarse de los éxitos de otros⁷²⁷.

En Francia, Mersenne recibió una explicación bastante incoherente del experimento de Torricelli e intentó reproducirlo,

⁷²⁷ Shea, *Designing Experiments* (2003), 24-39; Shank, «Torricelli's Barometer» (2012).

infructuosamente, pero carecía del tipo adecuado de tubo de vidrio. Poco después, hacia finales de 1644, viajó a Florencia, donde conoció a Torricelli, y después a Roma, donde pudo haber visto el experimento de Torricelli; a su vuelta a Francia intentó sin éxito reproducir el experimento, pero sus tubos de vidrio no tenían la suficiente calidad. En el otoño de 1646, Pierre Petit y su amigo Blaise Pascal realizaron con éxito el experimento en Ruan; Petit había oído acerca del experimento, pero ninguno de los dos lo había visto realizar antes. Después Pascal reinventó (porque no había oído nada al respecto) el experimento que se había realizado originalmente en Roma, sustituyendo el agua por vino tinto, para que fuera más fácil ver el resultado. El experimento de Berti se había efectuado en una plaza pública, pero no hay evidencia de que atrajera ninguna atención. El experimento de Pascal fue diferente: se hizo en una demostración pública, pero aun así no hay razón para pensar que Pascal tuviera la intención de publicarlo de manera inmediata. Sin embargo, cuando otros empezaron a debatir la importancia de lo que había hecho, se apresuró a llevar a la imprenta su propio informe (en 1647) con el fin de establecer su declaración de prioridad. Pascal envió copias de su librito a todos sus amigos en París y a todas las ciudades de Francia donde pensaba que había gente que podía estar interesada en leerlo (presumiblemente a los libreros locales, porque entre quince y treinta ejemplares se enviaron a Clermont-Ferrand solamente: Mersenne envió ejemplares a Suecia, Polonia, Alemania, Italia y a toda Francia. La condición de la experimentación estaba

cambiando; y Pascal y Mersenne hicieron todos los esfuerzos posibles para que ello se produjera⁷²⁸.

Según Vincenzo Viviani, hacia 1590 el joven Galileo había dejado caer objetos desde la Torre de Pisa, y toda la universidad se había congregado para observar. Viviani estaba probablemente en lo cierto al decir que Galileo realizó este experimento, y si lo hizo no fue el primero: experimentos parecidos los habían realizado Giuseppe Moletti en 1576 (pero que nunca se publicaron) y Simon Stevin (que publicó en 1586, pero que no atrajo ninguna atención, en parte porque escribió en holandés⁷²⁹). Pero no existe ninguna evidencia en absoluto, que no sea el relato de Viviani mucho más tarde, de que se congregaron multitudes para observar los primeros experimentos de Galileo. Al suponer que ello ocurrió, Viviani está aplicando a la juventud de Galileo una opinión acerca de la condición de los experimentos que no se estableció hasta la década de 1630: Viviani se convirtió en el ayudante de Galileo en 1639 a los diecisiete años de edad, y escribió la biografía de Galileo en 1654. En cambio, los experimentos de Pascal de 1646 sí que congregaron multitudes.

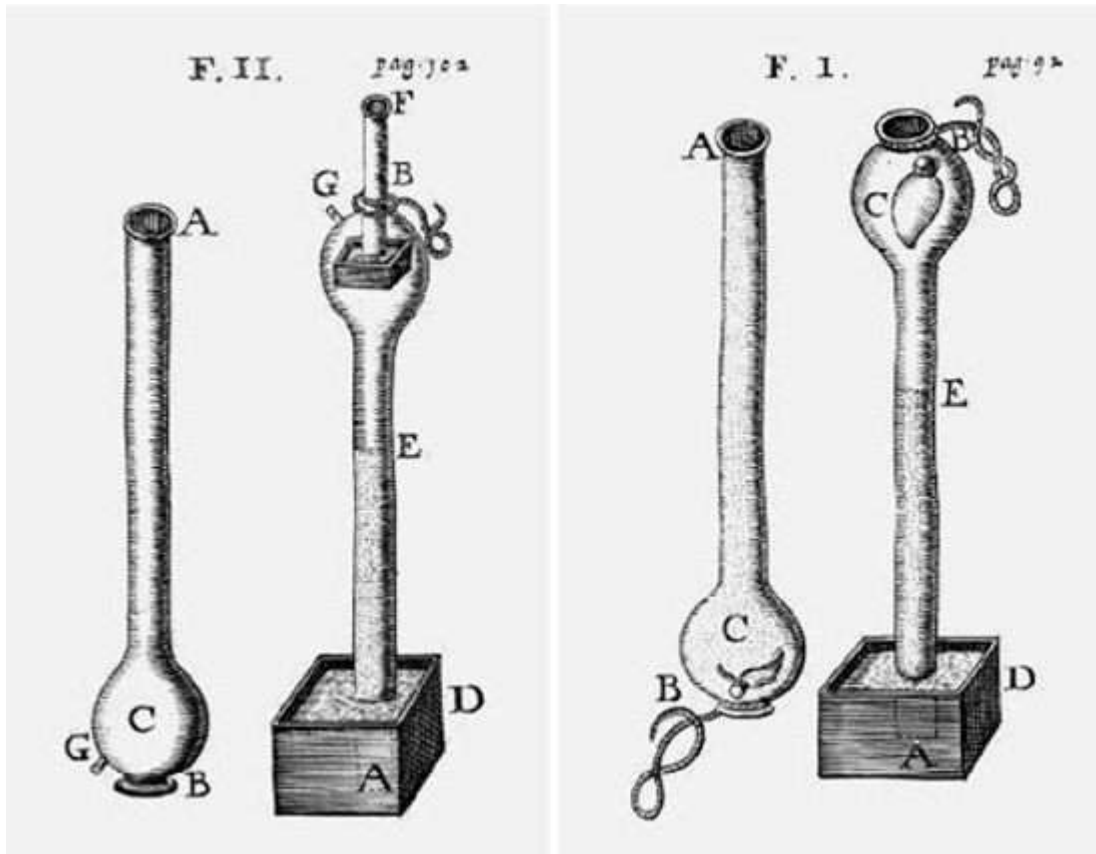
Hasta aquí, el relato de los experimentos de vacío es un relato de accidentes y medio fracasos. El experimento de Berti no había llegado a conclusiones claras; Baliani y Torricelli habían acertado en

⁷²⁸ Pascal, *Oeuvres* (1923), 486; y Shea, *Designing Experiments* (2003), 41-47. La representación pública no fue un fenómeno peculiarmente francés: Valeriano Magni realizó su propia versión del experimento torricelliano en Varsovia en julio de 1647 ante el rey, la reina y los cortesanos (Dear, *Discipline and Experience* (1995), 187-188).

⁷²⁹ Koyré, «Galilée et l'expérience de Pise» (1973) (publicado por primera vez en 1937); Wootton, *Galileo* (2010), 273-274 n. 10; Devreese y Vanden Berghe, «Magic is No Magic» (2008), 152-154.

la teoría, pero el experimento de Torricelli no había acabado de funcionar, y los informes iniciales que llegaron a Francia no habían transmitido su teoría, ni proporcionado el detalle suficiente para permitir que el experimento se reprodujera. A partir de 1646 el experimento de Torricelli se realizó ampliamente, aunque el mercurio era caro y continuaba siendo difícil obtener tubos largos lo bastante recios sellados por un extremo. De hecho, el experimento de Torricelli se hizo famoso rápidamente: la frase «experimento famoso» es utilizada por primera vez en inglés en 1654 para referirse a él, y para un autor italiano en 1663 es *famosissima*⁷³⁰.

⁷³⁰ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), índice de contenidos del cap. 5; y Shank, «Torricelli's Barometer» (2012), 162; véase también Glanvill, *Plus ultra* (1668), 94; y Boyle, *Certain Physiological Essays* (1661), 189 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 2, 155.



a) Experimento del vacío en el vacío de Adrien Auzout, de *Experimenta nova anatomica* (1651), de Jean Pecquet. En este experimento, un barómetro inserto en el vacío torricelliano de la parte superior del primer barómetro mide la presión de aire allí: el mercurio en el segundo tubo no asciende, lo que señala la ausencia de presión de aire en el espacio; cuando se introduce aire en el espacio de la parte superior del primer barómetro, el mercurio de este cae en el depósito, mientras que el mercurio del segundo barómetro asciende hasta una altura de 68 centímetros. b) Experimento de la vejiga de la carpa, de Gilles de Roberval. Una vejiga natatoria de carpa, de la que se ha extraído todo el aire y que ha sido atada, se introduce en el vacío torricelliano. Pronto se hincha, lo que demuestra la extraordinaria elasticidad del poco aire que quedó en la vejiga.

Roberval creía que esto justificaba la conclusión de que siempre hay algo de aire, por poco que sea, en el vacío torricelliano. (Bayerische Staatsbibliothek, Múnich).

Una vez el experimento de Torricelli se hubo aceptado como un modelo básico, fue posible imaginar todo tipo de variaciones. Tres son de gran importancia. Primero, Pascal inventó una manera de colocar un barómetro dentro del espacio anómalo en el extremo superior del tubo de Torricelli: cuando el mercurio cayó en el tubo principal a una altura de 69 centímetros, cayó hasta cero (o muy cerca de cero) en el segundo barómetro del interior del espacio torricelliano. Pascal y otros prepararon varias revisiones y mejoras de este experimento; en sus diferentes formas, el experimento «del vacío en el vacío» parecía confirmar que no había (o casi no había) presión de aire en el tubo torricelliano. Segundo, Pascal ideó el experimento de Puy de Dôme. Tercero, Roberval diseñó un experimento en el que en la parte superior del tubo torricelliano se colocaba la vejiga de una carpa que se había aplastado y sellado herméticamente. Cuando el mercurio caía, la vejiga quedaba atrás y se hinchaba como si le hubiera bombeado aire hasta llenarla. La interpretación de este experimento no era en absoluto clara, pero Roberval argumentaba que si había habido aire en la vejiga de la

carpa cuando parecía que no había, también podía haber aire en el espacio torricelliano (aunque solo en cantidad mínima)⁷³¹.

Al pensar acerca de la expansión o rarefacción del aire, Roberval inventó el concepto del «muelle de aire», que Boyle haría famoso en sus *New Experiments* de 1660, y que se sistematizó en la ley de Boyle (1662)⁷³². Es cierto que Roberval no empleó la palabra «muelle», al tomar prestado de Mersenne el término latino «elater» (que comparte una raíz con «elástico»; *elater* es la traducción de «muelle» en la versión en latín de los *New Experiments*⁷³³); pero la incapacidad de Boyle de reconocer ninguna deuda para con Roberval por el concepto muestra que la propiedad intelectual en las teorías se iba estableciendo de manera más lenta que la propiedad intelectual en otros tipos de descubrimiento, como el diseño de un experimento. Sin embargo, ya en 1662 Boyle tuvo cuidado en reconocer que diversas personas habían contribuido a la formulación de la ley de Boyle⁷³⁴. Y el concepto de propiedad intelectual ya estaba ciertamente establecido en 1677, cuando Oldenburg, que escribía en las *Philosophical Transactions*, se quejaba de que una traducción al latín de las obras de Boyle, publicada en Ginebra sin su permiso, no registraba las fechas en las

⁷³¹ Shea, *Designing Experiments* (2003), 47-127.

⁷³² Webster, «The Discovery of Boyle's Law» (1965); Pecquet, *New Anatomical Experiments* (1653).

⁷³³ Bertoloni Meli, «The Collaboration between Anatomists and Mathematicians in the Mid-seventeenth Century» (2008), 672 (donde el concepto se atribuye a Pecquet y no a Roberval).

⁷³⁴ Boyle, *A Defence* (1662), 63-64. La cuestión de la naturaleza de las diversas contribuciones que hicieron los colaboradores de Boyle es objeto de discusión. Agassi, «Who Discovered Boyle's Law?» (1977), presenta algunos argumentos valiosos, pero también contiene algunos errores básicos (por ejemplo, en relación a la fecha de los primeros experimentos de Hooke); Pugliese, «The Scientific Achievement of Robert Hooke» (1982) es fiable.

que se publicaron por primera vez los originales, lo que podía dar la falsa impresión de que Boyle había robado a otros, cuando en realidad le habían robado a él. En la *Second Continuation* («Segunda continuación»), Boyle, o mejor dicho su editor en su nombre, volvió a la cuestión: «Porque aunque algunos escritores han citado, con suficiente ingenio, el nombre de nuestro autor en sus obras, son más los que han hecho lo contrario, transfiriendo a sus libros no pocos de sus experimentos, junto con los razonamientos que los explican, a la manera de los plagiarios, sin hacer mención de su nombre en absoluto»⁷³⁵. Unos años antes, el presidente de un tribunal de justicia, Matthew Hale, que escribía anónimamente acerca de los experimentos torricellianos, insistía ansioso que él había citado sus fuentes, con el fin de «evitar, tanto como pueda, la imputación de plagiario»⁷³⁶.

Que alguien que origina una nueva idea tiene el derecho a que se le reconozca nos parece algo obvio, pero esta idea era fundamentalmente nueva. Si nos remontamos a los filósofos parisinos del siglo XIV, por ejemplo, a Oresme, Buridan, Juan de Sajonia y Pierre d'Ailly, nos encontramos en un mundo en el que los estudiosos informaban de los argumentos de los demás, pero no indicaban quién originaba una línea de argumentación concreta, de modo que los historiadores todavía no pueden escribir la historia de

⁷³⁵ Hunter, *Boyle* (2009), 190; Boyle, *A Continuation of New Experiments* (1682), a3v, a4r = Boyle, *The Works* (1999), vol. 9, 128-129. Es cierto que Boyle había establecido en 1661 el principio de agradecer la colaboración de otros (Boyle, *Certain Physiological Essays* (1661), 32 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 2, 29), pero ciertamente no se guió por este después.

⁷³⁶ Hale, *Difficiles nugae* (1674), 8.

la escuela de París en términos de quién influyó sobre quién; ser el primero no era lo que les importaba a los filósofos del siglo XIV. Este mundo todavía existía en 1629, cuando Niccolò Cabeo publicó su *Philosophia magnetica* («Filosofía magnética»), que se obtuvo casi totalmente, y de hecho gran parte de ella reproducida literalmente, sin reconocerlo, del manuscrito no publicado de Leonardo Garzoni; todavía existía en 1654, cuando Pascal completó sus *Traitez de l'équilibre des liqueurs* («Tratados sobre el equilibrio de los líquidos»): en ellos extraía amplio material de obras de Stevin, Benedetti, Galileo, Torricelli, Descartes y Mersenne, pero no hacía mención de ninguno de sus predecesores⁷³⁷. Todavía existía en 1660, cuando Boyle (que tenía un sentido de la propiedad muy desarrollado y con toda seguridad no era consciente de hacer nada mal) tomó prestado de Roberval sin reconocerlo; pero desaparecía rápidamente hacia 1682, cuando el mismo Boyle se quejaba porque otros le robaban sus ideas (todavía, quizá de manera totalmente inocente). En 1687, David Abercromby, un amigo de Boyle, anunció su intención de escribir un tratado que sería la historia de los descubrimientos a lo largo de las épocas: el libro que Polidoro Virgilio no había escrito. Incluiría todos «los nuevos artilugios, ya se trate de nociones, motores o experimentos». Sería un estudio de lo que llama «autores», es decir, descubridores e inventores: «Por autores, quiere decirse

⁷³⁷ Ugaglia, «The Science of Magnetism before Gilbert» (2006), 72-73; Duhem, «Le Principe de Pascal» (1905); y Pascal, *Oeuvres complètes* (1964), vol. 2, 1037; la obra se publicó póstumamente, pero parece que en 1654 ya estaba lista para enviar a la imprenta; no hay nada que sugiera que Pascal pretendiera añadir ningún agradecimiento a sus fuentes.

aquí aquellos que son realmente tales [en oposición a los plagiarios o los responsables de meras mejoras incrementales], y los primeros inventores de cualquier fragmento útil de conocimiento»⁷³⁸.

De 1646 a 1648, un pequeño grupo de experimentadores (Pascal, Roberval, Auzoult, Petit, Périer, Gassendi, Pecquet) dispersos por toda Francia trabajaban simultáneamente en experimentos de vacío. Lo que los mantenía unidos era su amistad común con Mersenne, con el que intercambiaban cartas y en cuya casa se reunían cuando se hallaban en París. Tenían una variedad de compromisos profesionales, pero se consideraban ante todo como matemáticos, y muchos de ellos hicieron contribuciones importantes a las matemáticas puras⁷³⁹. Competían entre sí y colaboraban y (en su mayor parte) confiaban lo bastante unos en otros para estar seguros de que sus propias contribuciones serían reconocidas. Hacían circular libremente manuscritos entre ellos. Roberval, por ejemplo, nunca publicó sus experimentos de vacío, pero una carta que escribió en la que se describía la historia temprana del programa experimental en Francia se publicó en Polonia, varios de sus experimentos los describió y publicó uno de sus oponentes, y su experimento con la vejiga de una carpa lo publicó Pecquet en 1651 en un volumen dedicado principalmente a nuevos estudios anatómicos (que fue traducido del latín al inglés en 1653). La

⁷³⁸ Abercromby, *Academia scientiarum* (1687). Sprat distinguía a los autores de los «finalizadores»: Iliffe, «In the Warehouse» (1992), 32.

⁷³⁹ Mersenne describe su academia virtual como «completamente matemática»: Garber, «On the Frontlines of the Scientific Revolution» (2004), 156.

publicación era importante en el seno de este grupo, pero no más importante que la correspondencia privada y semipública: Mersenne escribió cartas a Italia, Polonia, Suecia y Holanda en las que anunciaba el experimento de Pascal en el Puy de Dôme⁷⁴⁰. También es significativo que los amigos de Mersenne colaboraban sin ponerse de acuerdo unos con otros. Había acuerdo sobre el valor de la investigación experimental, no sobre cómo interpretar los resultados.

Mersenne murió en 1648, y muy poco progreso en investigación sobre el vacío se hizo en Francia desde entonces. Pero las obras de Pascal y Pecquet se leían en Inglaterra (donde Henry Power replicó inmediatamente los experimentos de Pecquet) e Italia, al igual que la *Mechanica* de Gaspar Schott (1657). Schott informaba no solo de los experimentos originales de Berti en Roma, sino también de la construcción de una bomba de vacío por Von Guericke⁷⁴¹. Von Guericke había demostrado que dos hemisferios de los que se había extraído el aire se mantenían unidos tan apretadamente por la presión del aire que tiros de caballos no los podían separar. Fue el libro de Schott lo que inspiró a Robert Boyle para construir su propia bomba de vacío en Inglaterra, y quizá no sea una coincidencia que los experimentos de vacío se reiniciaran en Florencia en 1657. Si se preparara una lista de todas las personas de las que se sabe que realizaron experimentos con barómetros

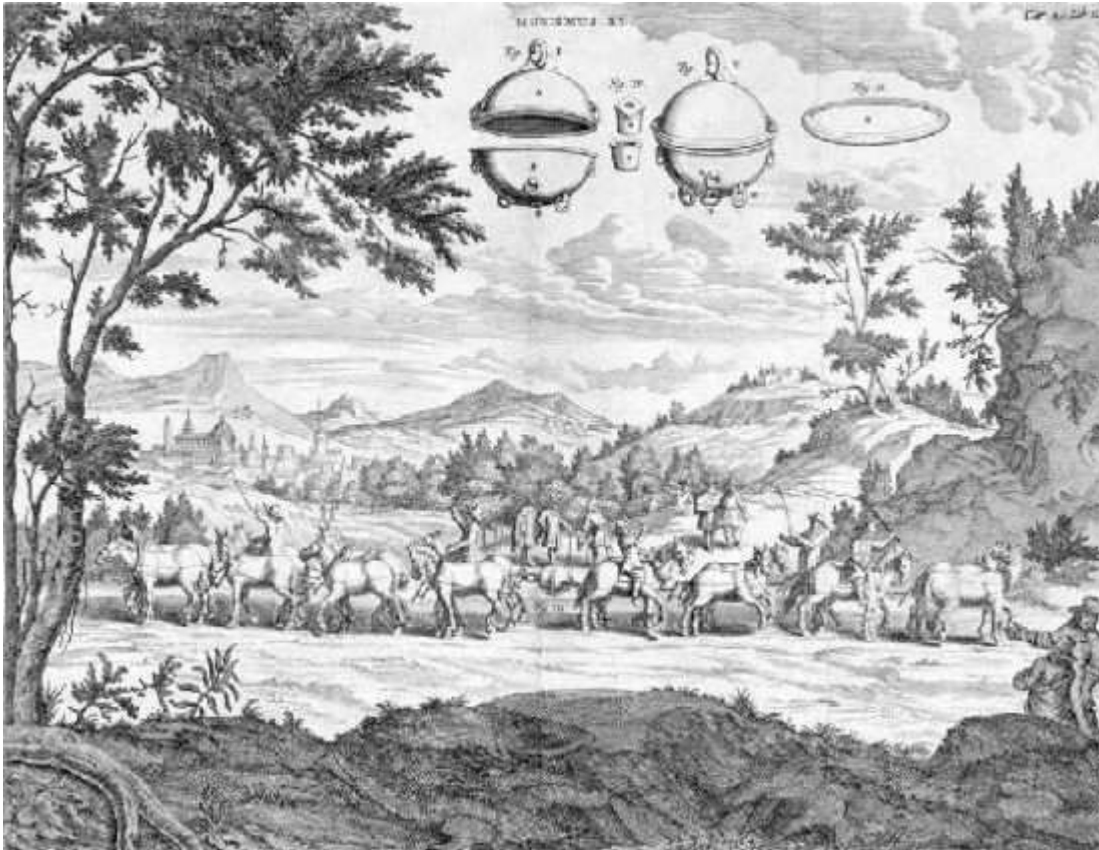
⁷⁴⁰ Pascal, *Oeuvres* (1923), 161-162.

⁷⁴¹ Schott, *Mechanica hydraulico-pneumatica* (1657).

entre Torricelli en 1643 y el descubrimiento de la ley de Boyle en 1662, aquella alcanzaría sin demasiada dificultad un centenar de nombres. Estas cien personas son la primera comunidad dispersa de científicos experimentales^{cclxii}.

+++++++

Los experimentos producen nuevo conocimiento, pero si este conocimiento no circula hay pocas oportunidades de producir más progreso. El barómetro de Torricelli representa la primera pieza de aparato experimental que se produjo estandarizado y ampliamente disponible; y se idearon innumerables variaciones de los experimentos que se podían realizar con él (como liberar insectos en el espacio torricelliano). Esta fue la primera vez que la experimentación había tenido una audiencia (simbolizada por la pequeña multitud que rodeaba a Périer en la cumbre del Puy de Dôme) y fue la primera vez que se convirtió en un proceso colaborativo y competitivo.



Representación de Schott de los hemisferios de Magdeburgo en Experimenta nova (1672). En 1654, en Ratisbona, y después en 1656 en Magdeburgo, Otto von Guericke evacuó el aire de una esfera de cobre con una bomba de aire. Después enganchó tiros de caballos a la esfera, que consistía simplemente en dos hemisferios encajados, pero no pudieron separarlos. Esto demostraba la fuerza de la presión atmosférica que actuaba sobre los hemisferios e inspiró a Boyle la construcción de una bomba de aire. (Science Museum/Science & Society Picture Library, Londres).



La primera bomba de aire de Boyle, diseñada y construida por Robert Hooke, de New Experiments Physico-mechanical (1660), de Boyle. (© The Royal Society, Londres).

Tal como cabía esperar, esta primera comunidad experimental competente cambió la manera en la que se construían las comunidades científicas y para lo que se las usaba. La comunidad de Mersenne era un grupo informal que se reunía e intercambiaba cartas, aunque expresó un deseo de formar un colegio propiamente dicho que funcionara principalmente mediante correspondencia.

Había habido academias semicientíficas previas: Della Porta había formado una academia (que la Inquisición le había obligado a cerrar) dedicada a la búsqueda del conocimiento secreto, mientras que tanto él como Galileo habían pertenecido a la Accademia dei Lincei (de los de vista penetrante), fundada por el príncipe Cesi^{cclxiii}. Bacon había imaginado una comunidad científica en activo en su utópica *New Atlantis* (1626). Mersenne no fue el primero, ni habría de ser el último, en establecer un «colegio invisible» mediante correspondencia: su propia red creció a partir de la que construyó Peiresc, y redes similares fueron fundadas por Hartlib y Oldenburg en Inglaterra (la red de Oldenburg se identificó con la Royal Society cuando este se convirtió, junto con Wilkins, en su primer secretario⁷⁴²).

El éxito extraordinario de la red de Torricelli, como podemos denominar al grupo de personas implicadas en los experimentos con barómetros, fue un factor principal que condujo al establecimiento de la Accademia del Cimento en Florencia (1657), la Académie de Montmor en Francia (1657), la Royal Society en Inglaterra (1660) y la Académie Royale en Francia (1666). La Accademia del Cimento publicó un único libro, pero la Royal Society publicó la primera revista, las *Philosophical Transactions* (desde 1665), dedicada a la nueva ciencia. En Francia, el *Journal des sçavants* empezó a publicar el mismo año: abarcaba un amplio abanico de temas

⁷⁴² Webster, «New Light on the Invisible College» (1974).

académicos pero en su primer número declaraba que uno de sus principales intereses sería anunciar nuevos descubrimientos.



Frontispicio de la traducción inglesa de los experimentos de la Accademia del Cimento: se muestra a la Naturaleza dando la espalda a Aristóteles y en el acto de ser presentada por la Accademia a la Royal Society. Publicados en italiano en 1666, los Saggi fueron presentados a la Royal Society (fueron publicados en una edición de lujo que no estaba destinada a la venta sino a la presentación); después de un retraso considerable, Richard Waller los tradujo como

Essayes of Natural Experiments (1684). El frontispicio lo dibujó el mismo Waller. (Special Collections Memorial Library, Universidad of Wisconsin, EE. UU.).

Así la red torricelliana informal señala el inicio efectivo de la institucionalización de la ciencia, impulsada por la convicción de que la colaboración y el intercambio conducirían a un proceso más rápido. Como cabía esperar, esto estuvo acompañado por un nuevo compromiso con la idea del progreso científico. En el borrador de un prefacio para un libro inédito sobre el vacío (c. 1651), Pascal distinguía entre formas de conocimiento que eran de carácter histórico y dependían de la autoridad de las fuentes en las que se basaban (la teología era el ejemplo clave) y formas de conocimiento que dependían de la experiencia. En el caso de estas últimas, cada generación, afirmaba, sabía más que la precedente, de manera que el progreso era continuo e ininterrumpido («toda la humanidad produce continuamente progreso a medida que el mundo se hace más viejo»⁷⁴³). Pascal dice, de hecho, que cada generación ve más allá que la anterior. Casi con toda seguridad tiene en mente la famosa máxima de que somos enanos situados a hombros de gigantes. La frase tiene su origen en Bernard de Chartres, en el siglo XII, pero por lo general se cita a partir de una de las cartas de Newton: «Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes». Newton hacía gala de falsa modestia (y los

⁷⁴³ Pascal, *Oeuvres complètes* (1964), 777-785; y Shea, *Designing Experiments* (2003), 187-207.

hombros sobre los que había estado sentado de manera más inmediata eran los de Hooke, que era perceptiblemente corto de talla⁷⁴⁴). Puesto que el objetivo de Pascal era socavar el respeto por la Antigüedad, no tenía intención de repetir la afirmación de que los antiguos eran gigantes comparados con nosotros; Pascal supone que cada generación es igual a cualquier otra en sus capacidades.

A primera vista, la afirmación de Pascal de que el progreso ha sido continuo parece una tontería: solo acumularíamos experiencia de una generación a la siguiente si tuviéramos una manera fiable de registrarla y transmitirla. Sin embargo, Pascal supone una cultura de libros y no de manuscritos (volvemos al «océano de libros» de Gilbert); únicamente desde la invención de la imprenta el conocimiento se ha registrado y transmitido de manera efectiva. Además, reconoce que no todos los individuos producen progreso; más bien es lo que denomina *l'homme universel*, los seres humanos colectivamente. Fue a través de su colaboración con otros científicos como Pascal acabó teniendo la sensación de pertenecer a una colectividad mayor que él mismo. La red torricelliana resolvió problemas de manera más eficiente que cualquier individuo hubiera podido por sí solo. Como historia, el prefacio es un disparate, porque en 1651 el progreso era nuevo. Pero desde entonces ha sido efectivamente ininterrumpido y continuo; como un informe de la ciencia moderna, el prefacio es certero.

⁷⁴⁴ Merton, *On the Shoulders of Giants* (1965).

Así, los experimentos no son nuevos. La primera persona que frotó uno contra otro dos palos para hacer un fuego estaba realizando un experimento. Galeno, Ibn al-Haytham y Teodorico de Friburgo realizaron experimentos. Lo que es nuevo es la comunidad científica que está interesada en los experimentos. Podemos ver un presagio de ello en el grupo de personas que rodeaban a Gilbert cuando realizó experimentos con imanes, pero en su mayor parte eran navegantes con poca cultura. Toma su forma adecuada en los años posteriores a la publicación por Galileo del *Dialogo Sopra i Due Massimi Sistemi del Mondo* en 1632. Incluso Daryn Lehoux, que piensa que los romanos tenían todo lo que nosotros tenemos, reconoce una excepción:

No había universidades antiguas, no había congresos científicos, no había revistas en las que los investigadores publicaran sus resultados. Así, tampoco había *New Scientist*, no había páginas de ciencia en el *New York Times* en las que se pudiera informar del trabajo más reciente, compararlo y comentarlo. De estas fuentes modernas suele surgir una comprensión, entre los profesionales y entre el público culto desde el punto de vista científico, de algo que podríamos llamar el «consenso en el campo» sobre muchas cuestiones⁷⁴⁵.

Kuhn tenía un término particular para el «consenso en el campo». Lo llamaba «ciencia normal», en oposición a la ciencia revolucionaria. El barómetro de Torricelli fue el primer aparato

⁷⁴⁵ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 10-11.

experimental alrededor del cual se desarrolló una ciencia normal. Previamente había habido ciencias estables, basadas en el consenso: la astronomía ptolemaica, por ejemplo, o la anatomía vesaliana. Pero esta es la primera vez que se desarrolló un consenso alrededor de lo que los ingleses llaman un «experimento».

A lo largo del siglo XVII las palabras latinas *experientia* y *experimentum* y, con ellas, los términos ingleses^{cclxiv} *experience* y *experiment* empezaron a divergir en significado. Así, a partir de 1660 «filosofía experimental» fue una etiqueta ampliamente usada para una ciencia que se basaba en experimentos; nadie escribía acerca de una «filosofía experiencial»⁷⁴⁶. La divergencia tiene sus raíces a principios del siglo XIII, cuando los traductores de textos árabes clave, como la *Óptica* de Ibn al-Haytham, eligieron *experimentare* en lugar de *experiri* para traducir el árabe *i'tibar* y para describir experimentos en óptica⁷⁴⁷. *Experimentum* era, como consecuencia, el término usado generalmente por los filósofos medievales para describir experiencias construidas artificialmente. Habría sido la elección obvia para Gilbert en su *On the Magnet*. Lentamente, *experiment* se convirtió, en inglés, en un término técnico para algo que hacen los científicos; pero no, como hemos visto, en francés. En Italia, Galileo normalmente escribía acerca de *esperienza* en italiano, cuando en latín habría escrito *experimentum*. *Esperimento* y *esperimentare* eran neologismos y, aunque se los encontraba en el

⁷⁴⁶ La primera aparición de la frase es aparentemente 1635: Anstey, «Experimental versus Speculative Natural Philosophy» (2005), 217.

⁷⁴⁷ Ibn al-Haytham, *The Optics: Books I-III, on Direct Vision* (1989), libro 2, 15-19.

diccionario de la Accademia della Crusca (1612), no se emplearon en ninguno de los textos clásicos de la literatura toscana. Pero *esperienza* era un término demasiado amplio para identificar los procedimientos de la nueva ciencia, y después de la muerte de Galileo sus discípulos formaron la Accademia del Cimento (cimento significa «examen» o «prueba» en el sentido práctico, como el término inglés *assay* y el francés *essai* —ensayo—, de manera que se trataba de una academia dedicada a los experimentos). El éxito final de *esperimento* refleja, como en la frase *philosophie expérimentale* en francés, la influencia de la lengua inglesa y de la ciencia inglesa. En inglés, la frase *experimental method* aparece por vez primera en 1675^{cclxv}.

Así, en el caso del término «experimento», los cambios lingüísticos van por detrás tanto de la teoría como de la práctica. Si el idioma proporciona únicamente una ayuda muy limitada, ¿cómo conoceremos un experimento cuando veamos uno? La respuesta es simple: un experimento es una prueba artificial diseñada para dar respuesta a una pregunta. El término latino de esto, bien conocido por los filósofos medievales y del Renacimiento, es *periculum facere*, realizar un ensayo o prueba de algo⁷⁴⁸. Una prueba se este tipo implica condiciones controladas y suele requerir un equipo especial.

§ 6.

⁷⁴⁸ Schmitt, «Experience and Experiment» (1969), 115-122.

Hasta este punto, cuando he intentado identificar qué es lo que nosotros tenemos que ellos (filósofos griegos, romanos y medievales) no tenían, mi respuesta ha sido localizar una herramienta conceptual, como el descubrimiento o el hecho, o un logro técnico, como la medición de la no paralaje de los cometas, o un instrumento, como el telescopio. Este capítulo, en cambio, ha señalado una realidad sociológica (la red científica) y, más concretamente, la pequeña multitud que rodeaba a Périer en la cumbre del Puy de Dôme. Sería un error exagerar la diferencia entre explicaciones conceptuales y sociológicas: los descubrimientos tenían que ser anunciados, los hechos aceptados, los experimentos replicados; los conceptos se basan en una realidad sociológica: la audiencia (creada, por encima de todo, por la imprenta). La red científica es otro término para esta realidad sociológica: Pascal anunció sus descubrimientos a la red de Mersenne, y los persuadió que sus hechos eran ciertos haciendo que repitieran sus experimentos. Los nuevos conceptos y la nueva organización social son dos caras de una misma moneda. Si científicos anteriores, como Harriot en Inglaterra, no publicaron, o, como Galileo en Italia, al menos en cuanto se refiere a su nueva física, fueron lentos a la hora de publicar, es en parte debido a que no confiaban que hubiera una audiencia para lo que tenían que decir. El éxito del barómetro torricelliano *creó* una audiencia para la nueva ciencia.

Al insistir en que la ciencia es una actividad de comunidad no quiero implicar (como tampoco hizo Kuhn) que la ciencia tiene *solo* una historia social, o (como prefieren los relativistas) que la ciencia

es aquello en que los científicos se ponen de acuerdo que sea. Había habido intentos anteriores para construir comunidades cuyo objetivo era hacer progresar el conocimiento: los médicos del siglo XVI, por ejemplo, habían formado redes y habían publicado la correspondencia resultante⁷⁴⁹. Sin embargo, lo que estas comunidades nunca pudieron hacer era construir consensos acerca de los problemas que había que resolver y las soluciones que se considerarían satisfactorias. Nunca establecieron nada que se pareciera a la ciencia normal. La clave de la ciencia normal es la replicación. Una y otra vez, en los años posteriores a 1647, los científicos llenaron largos tubos de vidrio, sellados en un extremo, con mercurio y los invirtieron en baños de mercurio. Proporcionaron a los demás consejos útiles: no respire nunca en el tubo, dice Pierre Petit, o contaminarás el mercurio con agua; pon el aparato sobre una sábana, dice Henry Power, y ten a mano una cuchara de madera, de modo que si se vierte mercurio quede retenido y puedas recogerlo⁷⁵⁰. Inventaron innumerables variaciones, pero todos los que realizaron una variación habían efectuado asimismo el experimento básico. Y una vez y otra obtenían los mismos resultados^{ccclxvi}. Si el barómetro torricelliano no hubiera sido fácil de replicar, nunca se habría convertido en el primer experimento famoso. Cuando la Accademia del Cimento se formó en 1657 su lema era un fragmento de Dante, «Provando e riprovando», y

⁷⁴⁹ Siraisi, *Communities of Learned Experience* (2013).

⁷⁵⁰ Shea, *Designing Experiments* (2003), 43; y Power, *Experimental Philosophy* (1664), 88.

comprobaban y volvían a comprobar. La replicación con éxito (no la coherencia intelectual ni el respaldo de la autoridad) era ahora la marca del conocimiento fiable.

Estoy razonando aquí en contra de una poderosa tradición de la moderna historiografía de la ciencia que insiste en que la replicación es siempre problemática, y que al final lo que cuenta como replicación exitosa lo decide siempre la intervención de la autoridad⁷⁵¹. Según estos historiadores, la replicación es un artefacto social, no un hecho natural. El estudio clásico es *Leviathan and the Air-pump*, de Steven Shapin y Simon Schaffer⁷⁵². Este libro, que se ha descrito como la obra más influyente en la historia de la ciencia después de *The Structure of Scientific Revolutions*, de Kuhn, presenta una serie de argumentos que se han hecho famosos⁷⁵³. Aduce que Boyle, con sus experimentos con la bomba de aire, fue un pionero en producir hechos: a partir del capítulo podemos ver que esta consideración es errónea, a menos que uno se centre de manera estricta en el uso del término «hecho». Gilbert, Kepler y Pascal, todos ellos establecieron hechos. El libro también sostiene que Boyle desarrolló una técnica nueva para conseguir apoyo al transformar a los lectores en testigos virtuales: el testimonio virtual es importante, pero Boyle no fue tampoco pionero en este aspecto. Mantiene que la disputa entre Boyle, que afirmaba (aunque de manera prudente) haber producido un vacío, y sus

⁷⁵¹ Collins, *Changing Order* (1985); y Pinch, *Confronting Nature* (1986).

⁷⁵² Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985).

⁷⁵³ Secord, «Knowledge in Transit» (2004), 657.

oponentes, que afirmaban que no lo había conseguido, no se resolvió porque Boyle tuviera los mejores argumentos, sino porque poseía la posición social más poderosa.

Aquí es importante comparar las disputas en las que se enzarzó Boyle con aquellas en las que se enzarzó Pascal. Boyle construyó su bomba de aire porque el globo de cristal del que se evacuaba el aire proporcionaba un lugar mejor para los experimentos que el espacio en la parte superior de un barómetro. Por ejemplo, Boyle podía colocar una bujía encendida en su globo, o un pájaro; aunque se podían hacer pasar insectos y ranas, a través del mercurio, hasta el espacio torricelliano, no era posible hacerlo con llamas o pájaros. Con el fin de demostrar que su espacio experimental era equivalente al que había en un barómetro, Boyle tuvo que repetir los experimentos convencionales, como el vacío en el vacío y la vejiga de carpa, y demostrar que obtenía los mismos resultados (o prácticamente los mismos). En la medida en que el «vacío» de Boyle era indistinguible del de Torricelli, las polémicas en Inglaterra eran fundamentalmente las mismas que ya habían tenido lugar en Francia. Frente a los que sostenían que, puesto que la luz podía pasar a través del espacio torricelliano, tenía que haber en su interior algún éter misterioso, una sustancia que parecía no tener peso y que estaba presente en todas partes, Pascal había replicado que, puesto que la naturaleza de la luz era desconocida, era fútil insistir que requería alguna sustancia imaginaria como su medio de transmisión. Afirmar que existía una sustancia con atributos que no se podían medir era, sostenía, transformar la física en un cuento

fantástico, como Don Quijote. Tanto Pascal como Boyle «ganaron» en su discusión en la medida en que consiguieron plantear dudas sobre la legitimidad de apelar a sustancias cuya existencia podía ser conveniente desde el punto de vista teórico, pero que no se podía demostrar experimentalmente.

Sin embargo, un argumento estándar contra los experimentos de Boyle con su bomba de aire era que la bomba perdía, y que por lo tanto era incapaz de producir un vacío. Esto era cierto, y en el experimento de vacío en el vacío, el mercurio no caía nunca más de un centímetro. En cambio, el barómetro torricelliano no perdía, aunque era difícil (quizá imposible) impedir que algo de aire quedara atrapado dentro del tubo o fuera liberado por el mercurio. Sin embargo, Boyle tenía razón cuando afirmaba que sus resultados eran muy parecidos a los que previamente se habían obtenido en experimentos con barómetros. Si parece que Boyle ganó en un contexto inglés, ello es debido a que su oponente más efectivo, Hobbes, era un personaje más aislado, y por lo tanto menos peligroso, que Descartes; Hobbes estaba fatalmente debilitado por su reputación de ateísmo, mientras que Descartes situaba sus argumentos cuidadosamente en un contexto más amplio que era compatible con el cristianismo. Es importante no exagerar los éxitos locales y limitados de Pascal y Boyle: la creencia en un vacío, junto con el copernicanismo, triunfó en último término únicamente cuando la teoría de Newton de la gravitación universal (publicada en 1687) proporcionó una explicación de cómo las fuerzas gravitatorias operaban a través de espacio vacío. Entonces Pascal y Boyle fueron

saludados como los descubridores del vacío que, se consideraba ahora, constituía la mayor parte del universo. Pero en la década de 1660 la situación era totalmente diferente: en Inglaterra, Henry Power, por ejemplo, continuaba oponiéndose a las afirmaciones de Boyle sobre la base de la evidencia experimental (y una actitud empática hacia el cartesianismo), de la misma manera que Roberval se había opuesto a las de Pascal⁷⁵⁴.

En 1661 Christiaan Huygens construyó su propia bomba de aire y empezó a repetir los experimentos convencionales. Comprobó la calidad de su máquina introduciendo un barómetro de agua para que proporcionara una medida sensible de cuánto aire quedaba en el espacio experimental (si es que quedaba algo). Huygens bombeó, se extrajo el aire, pero el nivel de agua no cayó. El tubo permaneció lleno. El agua que Huygens usaba se había purgado de aire con el fin de asegurar que no liberara aire en el experimento; Huygens encontró que únicamente se comportaba como esperaba si introducía una burbuja de aire en el agua. Cuando le llegaron a Boyle noticias de lo sucedido, las rechazó (de manera muy natural) por absurdas, pero Huygens viajó a Londres y demostró que se podían producir los mismos resultados en el aparato de Boyle. La causa de este fenómeno enigmático es la resistencia a la tracción del agua, sin la cual los árboles no podrían crecer más allá de los diez metros de altura. A la luz de sus resultados, Huygens abandonó su creencia previa en un vacío (a pesar del hecho de que la anomalía

⁷⁵⁴ Webster, «Henry Power's Experimental Philosophy» (1967), 169.

desaparecía cuando se introducía en el agua una burbuja de aire, Huygens decidió que alguna sustancia previamente desconocida sostenía la columna de agua), mientras que Boyle decidió seguir como si nada hubiera ocurrido⁷⁵⁵.

Lo que es crucial aquí es que los dos resultados en conflicto no tienen propiamente la misma condición. El experimento del vacío en el vacío se había realizado una y otra vez en barómetros, con agua, vino y mercurio, y se había realizado con al menos cinco configuraciones diferentes del aparato, pero nunca se pudo ver un resultado comparable al producido por Huygens. Por lo tanto, Boyle decidió ver si podía producir una suspensión anómala con mercurio (algo que Huygens no había conseguido hacer) purgándola minuciosamente de aire, pues esto haría evidente que había algo engañoso en el resultado de Huygens. Tal como este escribió: «Me pareció que la sustentación de altos cilindros de mercurio en el motor [es decir, la bomba de aire] tenía demasiado poca analogía con todos los experimentos que hasta entonces se habían hecho con el de Torricellius»⁷⁵⁶.

Pero incluso antes de realizar el experimento con la bomba de aire, Boyle consiguió producir una suspensión anómala de mercurio (hasta una altura de 132 centímetros) al aire libre. En este punto era evidente que el fenómeno no tenía nada que ver con lo que estaba o no estaba presente en el interior de un supuesto vacío.

⁷⁵⁵ Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 225-282.

⁷⁵⁶ Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 254.

Huygens estuvo de acuerdo: pasaron menos de dos años (un período de tiempo más breve del que ahora parecería, dadas las dificultades de los viajes y las comunicaciones en el siglo XVII) para que aceptara que su resultado anómalo era irrelevante. Así, se puede decir razonablemente que Huygens se había equivocado al afirmar que su resultado era de alguna manera «mejor» que el de Boyle, y que se había equivocado al abandonar sus primeras convicciones a la luz de ello. El resultado de Boyle era el resultado correcto, y el resultado de Huygens era simplemente una anomalía muy extraña; ahora podemos decir esto con confianza, pero también resultaba aparente para los observadores inteligentes de la época, y también para Huygens tan pronto como Boyle demostró la suspensión anómala de los largos cilindros de mercurio, tanto en la bomba de aire como fuera de ella⁷⁵⁷.

El método experimental depende de la replicación independiente, y una afirmación que hacen los sociólogos de la ciencia es que nunca tiene lugar una replicación verdaderamente independiente: con el fin de hacer que un nuevo experimento funcione, se dice, los científicos siempre tienen que invertir tiempo en compañía de científicos que ya lo han realizado, recogiendo los trucos no escritos del gremio. Pero Petit junto con Pascal replicó de manera independiente el experimento de Torricelli, y Valerio Magni en

⁷⁵⁷ Hay una interesante discusión de la suspensión anómala, que Shapin y Schaffer no mencionan, en Papin, *A Continuation of the New Digester* (1687). Boyle ya era consciente del problema de la replicación en 1661: véase los dos ensayos sobre experimentos fracasados (principalmente químicos) en Boyle, *Certain Physiological Essays* (1661); el problema se discutió posteriormente en Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 243-245.

Varsovia lo replicó o bien lo reinventó en 1647. Parece que otros realizaron el experimento de manera totalmente independiente, únicamente sobre la base de descripciones escritas: Henry Power, por ejemplo. La simple verdad es que la replicación del experimento de Torricelli no era problemática; de ahí se sigue que los sociólogos de la ciencia se equivocan^{cclxvii}.

Si consideramos la historia de la experimentación de esta manera podemos empezar a entender el significado de lo que ocurre en el siglo XVII, simbolizado en el pequeño grupo que acompañó a Périer a la cumbre del Puy de Dôme. ¿Por qué se encontraban allí? A buen seguro Périer estaba contento de tener testigos, pero se encontraban allí porque creían que esta era una oportunidad de ver cómo se hacía historia. Su presencia señala el inicio no del descubrimiento propiamente dicho, sino de una *cultura* del descubrimiento, una cultura que ahora compartían funcionarios del gobierno y clérigos refinados. (Périer da el nombre de dos sacerdotes, dos funcionarios gubernamentales y un médico que le acompañaban). Además, la publicación aseguraba que hubiera un número mucho mayor de «espectadores virtuales». Tal como escribió Walter Charleton, el pequeño grupo de experimentadores franceses «parecía considerar el experimento [de Torricelli] como una bienvenida oportunidad para retar a todos los graciosos de Europa a un combate émulo [accionado por un espíritu de rivalidad] por el honor de la

perspicacia»⁷⁵⁸. Y cuando Boyle acuñó la frase *experimentum crucis* para honrar el experimento de Puy de Dôme, señalaba el principio de una nueva era en la que las discusiones filosóficas se resolverían mediante experimentación.

§ 7.

La cuestión de la replicación es fundamental para un tema de la mayor importancia para cualquier comprensión de la Revolución Científica: la desaparición de la alquimia⁷⁵⁹. Boyle y Newton dedicaron una enorme cantidad de esfuerzos a investigaciones alquímicas. Parece que Boyle pasó gran parte de su vida intentando transformar metales viles en oro, aunque nuestro conocimiento de sus actividades es limitado porque la mayor parte de sus artículos relevantes (hasta donde sabemos) fueron destruidos siguiendo las instrucciones de su primer biógrafo, Thomas Birch⁷⁶⁰. Boyle creía estar a punto de conseguirlo, tan cerca, de hecho, que consideró prudente hacer campaña (con éxito) para cambiar la ley, que condenaba a muerte a quienquiera que produjera oro⁷⁶¹.

Como muchos alquimistas, Boyle estaba convencido de que la búsqueda de la piedra filosofal (que convertiría el vil metal en oro)

⁷⁵⁸ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 35.

⁷⁵⁹ La literatura reciente sobre alquimia es extensa. Son particularmente notables: Dobbs, *The Foundations of Newton's Alchemy* (1975); Smith, *The Business of Alchemy* (1994); Principe, *The Aspiring Adept* (1998); Newman, *Gehennical Fire* (2003); Newman, *Promethean Ambitions* (2004); y Newman y Principe, *Alchemy Tried in the Fire* (2005).

⁷⁶⁰ Hunter y Principe, «The Lost Papers» (2003).

⁷⁶¹ Principe, *The Aspiring Adept* (1998); Hunter, «Alchemy, Magic and Moralism» (1990), esp. 404-405 (derogación de la ley); y Hunter, *Boyle* (2009).

implicaba un elemento espiritual. Creía que había visto realizarse la transmutación; pensaba, evidentemente, que el extranjero anónimo que la había efectuado, en su presencia y con su ayuda, era un ángel, no menos⁷⁶². Boyle había sido seleccionado para esta revelación especial. Tales creencias hacían de Boyle el sujeto perfecto para el estafador refinado. Una parte de la correspondencia de Boyle referida a la alquimia sobrevive de casualidad: estaba escrita en francés, idioma que Henry Miles desconocía; este era el ayudante de Birch, al que encargó clasificar los documentos de Boyle y decidir cuáles eliminar. A partir de dicha correspondencia sabemos que un francés llamado Georges Pierre des Clozets persuadió a Boyle de que él (Pierre) era el agente del patriarca de Antioquía, el jefe de una sociedad de alquimistas que tenía miembros en Italia, Polonia y China. Para hacerse miembro, Boyle había de cederle sus propios secretos alquímicos, pero también regalos valiosos: telescopios, microscopios, relojes, tejidos lujosos, grandes cantidades de dinero. A cambio, Pierre le informó de la manufactura de un homúnculo en un vial de vidrio. Pierre le contó un buen cuento: una reunión de su sociedad secreta, le aseguró a Boyle, había sido interrumpida por empleados contrariados que habían hecho volar el castillo en el que la sociedad se reunía. Y Pierre se esforzó mucho: introdujo relatos acerca del patriarca de Antioquía en diarios holandeses y franceses en el caso improbable que Boyle los leyera. De hecho, cuando se suponía que Pierre estaba

⁷⁶² Principe, *The Aspiring Adept* (1998), 98-113, 190-201.

en Antioquía en realidad estaba en Bayeux, pasándoselo bien con su amante. Y sus relatos fantásticos ya le habían ganado el apodo en su ciudad natal de Caen de «Georges el honesto»⁷⁶³.

¿Cómo pudo Boyle, una de las figuras clave de la Revolución Científica, estar tan totalmente convencido de la realidad de la transmutación alquímica? La respuesta es que la alquimia era una empresa que realizaba sus propios deseos. Los que la practicaban estaban convencidos de que en el pasado se había producido con éxito la piedra filosofal. Tal como decía George Starkey, que colaboró estrechamente con Boyle en sus indagaciones alquímicas: «Los sabios filósofos con todo su poder han buscado y encontrado, y han dejado el registro de su búsqueda en escritos, a pesar de que han velado tanto su secreto principal que solo una inmediata mano de Dios ha de dirigir al artista que mediante el estudio ha de buscar llegar a lo mismo»⁷⁶⁴. Al igual que Boyle, Starkey creía que había tenido la piedra en sus manos, y con ella afirmaba haber sido capaz de transformar metales viles en oro y plata... o al menos en una especie de oro y una especie de plata, porque el oro resultó ser inestable, y la plata, aunque muy parecida a la plata, pesaba demasiado⁷⁶⁵.

⁷⁶³ Principe, *The Aspiring Adept* (1998), 115-134; Malcolm, «Robert Boyle, Georges Pierre des Clozets and the Asterism» (2004); y Principe, «Georges Pierre des Clozets» (2004). Sobre la cuestión del fraude y la alquimia, Nummedal, «On the Utility of Alchemical Fraud» (2007); y Nummedal, *Alchemy and Authority in the Holy Roman Empire* (2007), 147-175.

⁷⁶⁴ Newman y Principe, *Alchemy Tried in the Fire* (2005), 189.

⁷⁶⁵ Principe, *The Aspiring Adept* (1998), 110, 159; y Starkey, *Alchemical Laboratory Notebooks* (2004), xxii-xxiii, 2-41 (que supone que el oro que se transformó en un polvo negro era el mismo oro que había producido previamente).

Starkey buscaba descubrir este secreto y otros secretos perdidos mediante el estudio detenido de los textos alquímicos, que estaban escritos, como él reconocía, en un lenguaje deliberadamente impenetrable. Desde principios del siglo XVII al término «hermético» (que significaba «en la tradición del mítico autor Hermes Trimegisto», un supuesto contemporáneo de Moisés al que se atribuían numerosas obras) se le había dado un nuevo significado: los que experimentaban con sustancias químicas empezaron a referirse a los frascos que las contenían como «herméticamente cerrados», en otras palabras, impenetrables, el término «hermético» se convirtió en un retruécano de la idea de impenetrabilidad⁷⁶⁶.

Cuando Starkey no consiguió los resultados que esperaba (y arruinándose en el proceso y sometiendo a su esposa e hijos a penurias) nunca se le ocurrió que los textos estuvieran equivocados⁷⁶⁷; estaba convencido de que, sencillamente, los había interpretado mal o no había seguido sus instrucciones con la suficiente precisión. Así, los alquimistas tenían en principio procedimientos para la verificación («la prueba de fuego»), aunque constantemente demoraban la verificación. No tenían ningún procedimiento para la falsación.

Del dicho «Oye al otro bando», un principio fundamental de la justicia natural, Starkey decía que era «odioso»⁷⁶⁸. El otro bando al

⁷⁶⁶ Du Chesne, *The Practise of Chymicall, and Hermeticall Physicke* (1605), K1v, K2r, K3r.

⁷⁶⁷ Newman y Principe, *Alchemy Tried in the Fire* (2005), 175-176.

⁷⁶⁸ Vickers, «The "New Historiography"» (2008), 127. Para la réplica de Newman a este ensayo, Newman, «Vickers on Alchemy» (2009).

que se negaba a oír eran los que rechazaban la alquimia como un engaño, una ilusión, una fantasía. Pero entre los filósofos escolásticos estos eran la mayoría, desde santo Tomás de Aquino y Alberto Magno en adelante. Hacía mucho tiempo que los escépticos se habían burlado de la alquimia: Reginald Scot en la *Discovery of Witchcraft* («Descubrimiento de la brujería», 1584) y Ben Jonson en *The Alchemist* («El alquimista», 1610), para citar únicamente dos ejemplos entre muchos. La creencia solo podía mantenerse si se concedía una autoridad peculiar a libros oscuros, o mejor todavía, a manuscritos antiguos recién descubiertos en cofres cerrados. «La alquimia era inalienablemente una ciencia textual a la vez que experimental», escribe Brian Vickers, y en los cuadros el alquimista siempre se presenta rodeado por libros o manuscritos así como por la impedimenta de su laboratorio⁷⁶⁹. Sin embargo, en las pinturas falta el momento más importante de todos, el momento en que se persuadió a una persona para que depositara su confianza en otra. Así, Boyle dejó al morir «una especie de herencia hermética a los discípulos estudiosos de dicho arte» (una herencia que no sobrevive y que presumiblemente fue destruida). Incluía muchas recetas alquímicas que Boyle no había probado, pero que estaba seguro que eran eficaces, porque habían sido «obtenidas (aunque no sin muchas dificultades) mediante intercambio o de otro modo, de los que afirmaban que sabían que eran reales, y que eran jueces competentes, pues algunos de ellos eran discípulos de verdaderos

⁷⁶⁹ Vickers, «The "New Historiography"» (2008), 132; y Principe y DeWitt, *Transmutations* (2002).

adeptos, o de otra manera eran admitidos en su círculo de conocidos y su conversación»⁷⁷⁰. La dificultad era en sí misma el garante de la autenticidad; en ausencia de alguien que pudiera ser identificado de manera fidedigna como un verdadero adepto (es decir, alguien capaz de producir la piedra filosofal), una mera afirmación de familiaridad y conversación era suficiente para autenticar un texto incomprensible como portador de un significado oculto. Boyle creía porque quería creer.

En la literatura reciente ha habido un esfuerzo generalizado para presentar la alquimia (o, como sus historiadores prefieren llamarla ahora, «alquímica») ^{cclxviii} como la primera ciencia experimental; de la alquimia, nos dicen, surgió la química moderna⁷⁷¹. Al demostrar que muchas recetas alquímicas pueden efectivamente prepararse en un laboratorio moderno, dichos estudiosos han hecho que textos aparentemente incomprensibles adquieran significado y han reinstalado la alquimia como una ciencia de laboratorio. Pero si este argumento se hace ir demasiado lejos, se hace difícil explicar por qué, en el siglo XVIII, la química moderna se estableció no como una continuación de la alquimia, sino como su refutación. ¿Por qué destruyó Birch los documentos alquímicos de Boyle, en lugar de celebrarlos?

Se ha escrito poco acerca del fin de la alquimia, pero una actividad que era respetable a ojos de Boyle y Newton se había convertido en

⁷⁷⁰ Hunter, «Alchemy, Magic and Moralism» (1990), 403-404.

⁷⁷¹ Por ejemplo, Newman y Principe, «Alchemy versus Chemistry» (1998); Newman, *Atoms and Alchemy* (2006); y Newman, «Recent Historiography» (2011).

totalmente desprestigiada ya en la década de 1720⁷⁷². John C. Powers ha aducido que esto fue el resultado de una serie de pasos «retóricos» que dieron químicos de la Académie des Sciences, como Nicolás Lémery (1645-1715), quien adoptó muchos de los hallazgos experimentales de los alquimistas, y también muchos de sus ataques a los que desacreditaron su arte al contar relatos fantásticos; al mismo tiempo rechazaron por ridícula la búsqueda de la piedra filosofal. La implicación es que en su fuero interno eran alquimistas, pero simplemente no estaban preparados para admitirlo. Powers no considera que haya que tomar al pie de la letra a los químicos del siglo XVIII. Los defensores de la nueva química insistían que no tenían tiempo para dedicarlo a textos cuyo significado era impenetrable. Protestaban que «esta secta de los químicos [es decir, los alquimistas] escribe de una manera tan oscura que con el fin de comprenderlos hay que tener el don de la adivinación»⁷⁷³. Los químicos solo estaban interesados, insistían, en procesos químicos que pudieran reproducir en sus propios laboratorios y después pudieran haber certificado sus colegas. «Cada *mémoire* —producida por los defensores de la nueva química, escribe Powers—, presentaba una investigación limitada en una cuestión específica o conjunto de cuestiones, y el químico fiaba únicamente en el relato de sus experimentos para persuadir a su

⁷⁷² Para énfasis en esta cronología, véase, por ejemplo, Principe, «Alchemy Restored» (2011), 306.

⁷⁷³ Powers, «*Ars sine arte*» (1998), 176 (traducción alterada).

audiencia a que aceptara sus conclusiones»⁷⁷⁴. Powers los describe como «pretendidos» experimentos, pero desde luego eran reales.

Lo que hizo posible enviar la alquimia a la papelera de la historia fue una nueva comprensión de lo que intentaban hacer los químicos. Para los alquimistas, incluidos Boyle y Newton, la empresa fundamental era *transmutar* una sustancia en otra. Pero en 1718 Étienne François Geoffroy, el hijo de un farmacéutico que ocupaba la cátedra de química en el Jardin des Plantes de París, una institución establecida para la enseñanza de farmacéuticos, publicó una *Table des différents rapports observés entre différentes substances* («Tabla de las diferentes relaciones observadas entre sustancias diferentes»). La tabla de Geoffroy lista lo que él denomina «los principales materiales con los que se suele trabajar en química» (un total de veinticuatro), pero dejó fuera toda suerte de sustancias con las que los químicos trabajaban frecuentemente. El principio de selección es revolucionario: los materiales que lista se combinan con los demás para formar nuevos compuestos estables; pero cada uno de estos compuestos puede descomponerse, si se siguen los procedimientos químicos adecuados, para liberar sus componentes originales. Así, las veinticuatro sustancias de Geoffroy perduran aun cuando se combinan con otras sustancias: no se transmutan cuando entran en estas combinaciones. Geoffroy estaba muy lejos de tener una teoría moderna de los elementos del tipo que propondría Lavoisier hacia el final del siglo, pero sí que tenía un

⁷⁷⁴ Powers, «*Ars sine arte*» (1998), 177.

programa de investigación que se había librado por entero del concepto de transmutación. Así, es Geoffroy y no (como se suele afirmar) Boyle quien marca el principio de la química moderna⁷⁷⁵.

El trabajo de Geoffroy apareció en un contexto en el que los químicos ya intentaban escapar del pensamiento alquímico. Lo que mató la alquimia no fue la experimentación (Starkey, Boyle y Newton eran infatigables en su búsqueda del conocimiento experimental), ni el desarrollo de redes cultas dedicadas al nuevo conocimiento (los alquimistas eran muy efectivos a la hora de tratar de localizarse entre sí y de sonsacar información de los demás, siempre sobre la base de intercambiar un secreto por otro), ni siquiera el reconocimiento por parte de Geoffroy de que la combinación química no implicaba transmutación. Lo que mató la alquimia fue la insistencia de que había que informar abiertamente de los experimentos en publicaciones que presentaran una explicación clara de lo que había ocurrido, y que entonces debían replicarse, de preferencia ante testigos independientes. Los alquimistas se habían dedicado a un aprendizaje secreto, convencidos de que solo unos pocos eran aptos para tener el conocimiento de los secretos divinos y de que el orden social se vendría abajo si el oro dejara de ser un recurso escaso. Algunas partes de este aprendizaje se las pudieron apropiar los defensores

⁷⁷⁵ Klein, «Origin of the Concept of Chemical Compound» (1994); Chalmers, *The Scientist's Atom and the Philosopher's Stone* (2009); Newman, «How Not to Integrate the History and Philosophy of Science» (2010); Chalmers, «Understanding Science through Its History» (2011); y Chalmers, «Klein on the Origin of the Concept of Chemical Compound» (2012).

de la nueva química, pero gran parte del mismo tuvo que ser abandonado por incomprensible e irreproducible. El conocimiento esotérico fue sustituido por una nueva forma de conocimiento que dependía a la vez de la publicación y de la ejecución pública o semipública. Una sociedad cerrada fue sustituida por otra abierta^{cclxix}.



Una familia de alquimistas en pleno trabajo, en un grabado de Philip Galle a partir de un cuadro de Pieter Bruegel el Viejo, publicado por Hieronymus Cock (c. 1558). (Rijksmuseum, Ámsterdam).

Si al pensar en la alquimia nos fijamos en individuos como Boyle corremos el peligro de pasar por alto el papel de instituciones, tanto formales, como la Royal Society y la Académie des Sciences, como

informales, como el círculo de Mersenne. Muchos de los miembros fundadores de la Royal Society (Digby y Oldenburg, por ejemplo, así como Boyle) estaban preocupados por la alquimia. Pero las transmutaciones alquímicas nunca se discutían en las reuniones de la Royal Society, y solo una breve publicación de Boyle en las *Transactions* trataba de cuestiones alquímicas; tenía el papel de un anuncio, que publicitaba su interés con la esperanza de que otros entraran en contacto con él⁷⁷⁶. Todos (excepto quizá Boyle) tenían claro que los principios sobre los que se basaba la Royal Society (el libre intercambio de información, la replicación de los experimentos, la publicación de los resultados, la confirmación de «hechos») no concordaban con los principios de los alquimistas. Boyle y Newton eran a la vez alquimistas y participantes en la nueva comunidad científica, pero en la mayor parte de las cuestiones tenían perfectamente claro que las dos caras de su vida estaban separadas, de la misma manera que Pascal tenía claro que su vida religiosa, que fue intensa y exigente, estaba separada de su vida científica. Boyle, es cierto, quería llevar la alquimia un poco a la atención del público, aunque solo fuera con el fin de hacer que a los alquimistas les fuera más fácil identificarse unos a otros; Newton le dijo inmediatamente que desistiera, recomendándole «un gran silencio». Boyle, se quejaba, era «en mi opinión demasiado abierto y demasiado deseoso de fama»⁷⁷⁷.

⁷⁷⁶ Hunter, «The Royal Society and the Decline of Magic» (2011), 105.

⁷⁷⁷ Hunter, «Alchemy, Magic and Moralism» (1990), 407.

Pascal, como hemos visto, sostenía que la diferencia fundamental entre ciencia y religión era que en ciencia no había verdades que no pudieran ser cuestionadas, mientras que la religión dependía de aceptar determinadas verdades que se hallaban más allá de toda cuestión. Para los alquimistas, la realidad de la piedra filosofal estaba más allá de cuestión; en el decurso de una generación, su recurso a la autoridad, a textos antiguos y a manuscritos secretos parecía irremediablemente fuera de lugar. La alquimia nunca fue una ciencia, y no había margen para que pudiera sobrevivir entre los que habían aceptado completamente la mentalidad de las nuevas ciencias. Porque tenían algo de lo que los alquimistas carecían: una comunidad crítica preparada para no aceptar nada únicamente sobre la base de la confianza. Tanto la alquimia como la química eran disciplinas experimentales, pero el alquimista y el químico tenían formas de vida distintas y pertenecían a tipos de comunidades diferentes^{cclxx}. De este argumento se sigue una consecuencia importante: no hemos de esperar realmente encontrar ciencia fiable antes de que las comunidades científicas empezaran a tomar forma en la década de 1640. Y esto parece correcto. Si Galileo hubiera pertenecido a una comunidad científica en funcionamiento, para tomar un solo ejemplo, le hubieran disuadido firmemente de que situara su teoría de las mareas en el centro de su defensa del copernicanismo⁷⁷⁸.

⁷⁷⁸ Wootton, «Galileo: Reflections on Failure» (2011).

En consecuencia, no tenemos que esperar hasta la publicación de la tabla de Geoffroy en 1718 para oír la sentencia de muerte de la alquimia. Según los nuevos historiadores de la alquímica, la alquimia y la química eran una única disciplina indiferenciada hasta la publicación de la tercera edición del manual de Nicolás Lémery en 1679, cuando empezaron a establecerse las distinciones entre ellas⁷⁷⁹; en la década de 1720 las dos ya se habían separado efectivamente. Sin embargo, aquí está el *Plus ultra* de Joseph Glanvill, publicado en 1668. Contiene exageradas alabanzas de Boyle como alguien a quien los paganos habrían adorado como un dios, pero su enfoque de la alquimia/química presagia claramente el del siglo XVIII:

Confieso, señor, que entre los *egipcios* y los *árabes*, los *paracelsianos* y algunos otros *modernos*, la *química* era muy *fantástica, ininteligible y engañosa*; y que las *fanfarronadas, vanidad e hipocresía* de estos *espagiristas* [alquimistas] aportaron *escándalo al arte*, y lo expusieron a la *sospecha* y al *menosprecio*. Pero sus últimos *cultivadores*, y en particular la *ROYAL SOCIETY*, lo han refinado de su *escoria* y lo han hecho *honesto, sobrio e inteligible*, un *intérprete* excelente de la *filosofía*, y *ayuda para la vida común*. Porque han dejado de lado la *crisopoiética* [producción de oro], los *proyectos engañosos* y las *vanas transmutaciones*, los *vapores rosacrucianos*, los *hechizos mágicos* y las *sugerencias supersticiosas*,

⁷⁷⁹ Newman y Principe, «Alchemy versus Chemistry» (1998), 60-61.

y lo han transformado en un *instrumento* para conocer las *profundidades y eficacias de la naturaleza*⁷⁸⁰.

Presumiblemente, Glanvill se hubiera sorprendido al descubrir que ni Boyle ni Newton compartían sus opiniones, pero fue él, y no ellos, quien había comprendido la relación entre la alquimia y la nueva ciencia. El *Lexicon technicum* («Léxico técnico») de 1704 expresaba el consenso que surgía rápidamente:

ALQUIMISTA es alguien que estudia alquimia; es decir, la parte sublime de la química que enseña la transmutación de metales y la piedra filosofal; según la palabrería de los adeptos, que divierten a los ignorantes y los irreflexivos con palabras duras y tonterías. Porque si no fuera por la partícula árabe al, que necesitan que tenga una maravillosa virtud aquí, la palabra significaría no más que química, cuya derivación se ve a partir de este término. Se definió adecuadamente este estudio de la alquimia como *Ars sine Arte, cuius principium est mentire, medium laborare, & finis mendicare*: es decir, un arte sin arte, que empieza mintiendo, sigue con esfuerzo y trabajo y al final termina con mendicidad⁷⁸¹.

La desaparición de la alquimia proporciona evidencia adicional, si es que acaso se necesitara evidencia adicional, de que lo que señala nuestra ciencia moderna no es la realización de experimentos (los alquimistas realizaban gran cantidad de experimentos), sino la formación de una comunidad crítica capaz de evaluar los

⁷⁸⁰ Glanvill, *Plus ultra* (1668), 12

⁷⁸¹ Citado de Newman y Principe, «Alchemy versus Chemistry» (1998), 62.

descubrimientos y replicar los resultados. La alquimia, en tanto que empresa clandestina, nunca podría haber desarrollado una comunidad del tipo adecuado. Popper tenía razón al pensar que la ciencia solo puede florecer en una sociedad abierta⁷⁸².

⁷⁸² Popper, *The Open Society and Its Enemies* (1945).

Capítulo 9

Leyes

La naturaleza y sus leyes permanecían ocultas en la noche: DIOS dijo: «¡Que sea Newton!» Y todo fue luz^{cclxxi}.

Alexander Pope, epitafio para sir Isaac Newton (publicado en 1735)

§ 1.

El 19 de noviembre de 1619, un joven soldado francés, René Descartes (1596-1650) se encontraba tirado en Ulm⁷⁸³. Estaba al servicio del duque Maximiliano de Baviera, un católico, y el terrible conflicto paneuropeo que posteriormente se conoció como la guerra de los Treinta Años estaba a punto de empezar. Existía la perspectiva de iniciar la lucha; pero inmediatamente vendría el invierno y, literalmente, no había nada que un soldado pudiera hacer. Descartes había recibido una buena educación de los jesuitas, pero en gran parte convencional, y había pasado dos años en la universidad estudiando derecho, para complacer a su padre; pero en 1619 no tenía razones para pensar que nunca seguiría otra profesión que la de las armas. Pero, atrapado en el invierno, Descartes se encerró en una habitación caldeada por una estufa y estuvo sentado, y estuvo pensando. Llegó a la conclusión de que lo

⁷⁸³ Baillet, *La Vie de Monsieur Des-Cartes* (1691), vol. 1, 77-86, es la fuente clave; para discusiones modernas, véase Gaukroger, *Descartes: An Intellectual Biography* (1995), 104-111; y Clarke, *Descartes: A Biography* (2006), 58-63.

que estaba mal con todos los sistemas de conocimiento existentes era que habían sido improvisados por mucha gente distinta a lo largo de extensos períodos de tiempo. Lo que se necesitaba era un inicio enteramente nuevo. Una persona, a partir de cero, debería rediseñar toda la filosofía, incluida la ciencia natural.

Excitado y exhausto, Descartes se quedó dormido y tuvo tres sueños. En el primero era atacado por fantasmas y un gran viento, y tuvo una especie de postración debilitante en un lado del cuerpo. Intentó entrar en una capilla para rezar pero no pudo hacerlo. Al despertar de esta pesadilla, Descartes rezó e intentó componer su espíritu. Cuando se durmió de nuevo oyó un gran estruendo de truenos y, según le pareció, abrió los ojos para ver la estancia llena de chispas procedentes del fuego; no tuvo claro cuándo se despertó del todo, pero al final las chispas desaparecieron y de nuevo se quedó dormido. En su tercer sueño había un gran libro, una colección de poemas. Al abrirlo encontró las palabras *Quid vitae sectabor iter?* «¿Qué camino en la vida habré de tomar?». Un extraño entró y le dio otro poema, que empezaba con las palabras *est et non*, «es y no es». Descartes intentó encontrar este poema en el libro, pero libro y extranjero desaparecieron. (En el *Corpus poetarum*, «Corpus de los poetas», de Pierre de la Brosse, 1611, estos dos poemas se encuentran en páginas opuestas). Tendido en la cama, medio despierto, Descartes intentó interpretar sus sueños. Los dos primeros, pensó, había que entenderlos en el sentido de que hasta entonces había vivido mal su vida, y el tercero en el de que dibujaba

su futuro: su ruta habría de ser dedicarse a la tarea filosófica de establecer qué es y qué no es.

Durante el resto de su vida, Descartes fechaba su nueva vida como filósofo a partir de estos sueños. Empezó a trabajar en una serie de reglas para pensar que le ayudaran a establecer la verdad; vendió algunas propiedades con el fin de poder ser autosuficiente y concentrarse en su gran empresa. Catorce años después, y viviendo en la Holanda protestante, Descartes estaba a punto de publicar una serie de tratados sobre ciencia natural cuando se enteró de la condena de Galileo y decidió que, puesto que su filosofía defendía el copernicanismo, no se atrevería a publicar por miedo a ser condenado por la iglesia Católica (aunque Descartes no hubiera corrido ningún peligro si la Iglesia lo hubiera condenado, pues en Holanda se hallaba seguro, fuera del alcance de la Inquisición). En 1637 publicó finalmente el *Discours de la Méthode (Discurso del método)* y tres ensayos sobre matemáticas y ciencia natural. En 1644 publicó un resumen de su filosofía, los *Principia philosophiae (Los principios de filosofía)*.

Para cuando Descartes publicó el *Discours* ya había decidido que la mejor manera de introducir su filosofía era mediante la aplicación del escepticismo absolutamente hasta el límite. ¿Cómo podemos saber que el mundo es real? ¿Cómo podemos saber que no estamos soñando? ¿Cómo podemos saber que no nos está engañando sistemáticamente algún demiurgo demoníaco? No podemos. Solo hay una cosa de la que podemos estar seguros: *cogito ergo sum* («Pienso, luego existo»). A partir de este único punto seguro de

partida Descartes se dedica a demostrar la existencia de un dios que no nos permitirá que seamos engañados de manera sistemática, y después a construir una explicación del mundo natural que consiste meramente en materia en movimiento. El *Discours* es una obra extraña porque es a la vez autobiografía y filosofía; Descartes nos enseña cómo pensar al decirnos los pasos que él siguió para aprender a cómo pensar. Y así le cuenta al lector no los sueños, que fueron una experiencia demasiado privada, sino el día que pasó en la habitación caldeada por la estufa, cuando empezó su vida como filósofo.

El problema con el relato de Descartes es que no es cierto. No hay razón para dudar de la habitación caldeada por la estufa o de sus sueños, pero toda la evidencia sugiere que la nueva vida filosófica de Descartes había empezado exactamente un año antes, el 10 de noviembre de 1618. Aquel día, Descartes estaba en Breda, en los Países Bajos, sirviendo en el ejército del protestante Mauricio de Nassau. En la ciudad, alguien había pegado un cartel que retaba a la gente a resolver un problema matemático. El cartel estaba escrito en flamenco, de modo que Descartes se dirigió a la persona que se hallaba a su lado, también estudiando el cartel, y le pidió que se lo tradujera. Esta persona era Isaac Beeckman, un maestro de escuela e ingeniero, y sabemos de su relación con Descartes porque escribía

un diario que se redescubrió en 1905 y que se publicó en cuatro volúmenes entre 1939 y 1953⁷⁸⁴.

Descartes y Beeckman conversaron en latín y descubrieron que tenían intereses en común. «Los fisico-matemáticos son muy raros», escribió Beeckman en su diario unos días después; de hecho, el extranjero le había dicho que «nunca he encontrado a nadie que no sea yo mismo que siga sus estudios de la manera en que lo hago yo, combinando física y matemáticas de una manera exacta. Y por mi parte, yo nunca he hablado con nadie, aparte de él, que estudie de esta manera»⁷⁸⁵. Pero Beeckman le llevaba mucha ventaja a Descartes en su pensamiento. Ya había decidido que el universo consistía en corpúsculos en movimiento, y que las «leyes» de movimiento (el término convencional de Beeckman para una ley de la naturaleza es *pactum*: «pacto»)⁷⁸⁶ que funcionaban a un nivel microscópico han de ser las mismas que funcionaban a un nivel macroscópico. Estaba en camino de formular, de manera totalmente independiente, la ley de la caída de Galileo. Durante dos meses, Beeckman y Descartes trabajaron juntos en estrecha colaboración, y cuando Beeckman se fue de Breda mantuvieron una correspondencia en la que Descartes le dijo a Beeckman que

⁷⁸⁴ Beeckman, *Journal* (1939); Berkel, *Isaac Beeckman* (2013); Gaukroger, *Descartes: An Intellectual Biography* (1995), 68-103, 222-224; y Clarke, *Descartes: A Biography* (2006), 46-52, 142.

⁷⁸⁵ Beeckman, *Journal* (1939), vol. 1, 244; traducción de Gaukroger, *Descartes: An Intellectual Biography* (1995), 69.

⁷⁸⁶ Beeckman, *Journal* (1939), vol. 1, 101, 253, 260-261, 265, vol. 3, 104, pero también emplea *teorema* (vol. 1, 256) y *ratio naturalis* (vol. 3, 104); véase también Berkel, *Isaac Beeckman* (2013), 238 n. 52, sobre su empleo de *modus*.

estaban unidos «por un lazo de amistad que nunca morirá». Descartes le aseguraba a Beeckman que:

sois la única persona que me ha sacudido de mi indiferencia y me ha hecho recordar lo que había aprendido y casi olvidado. Cuando mi mente se alejaba de las preocupaciones serias, fuisteis vos quien la guio de vuelta a lo largo del camino correcto. Por lo tanto, si por accidente propongo algo que no sea despreciable, tenéis todo el derecho de reclamarlo para vos⁷⁸⁷.

Años después, en 1630, Beeckman hizo esto exactamente. En una carta a Mersenne, el amigo de Descartes, mencionó que algunas de las ideas de Descartes sobre música procedían de él. Descartes se enfureció absolutamente y negó ninguna influencia, pero cuando Mersenne visitó a Beeckman y leyó su diario descubrió que, efectivamente, muchas de las ideas de Descartes habían sido formuladas primero por Beeckman. Descartes explotó de nuevo, y le dijo a Beeckman que había aprendido tanto de él como había aprendido de hormigas y gusanos. Esto fue seguido el 17 de octubre de 1630 por una de las cartas más largas que escribiera Descartes; ocupa doce páginas impresas y está llena de amargas invectivas en las que Descartes le explica a Beeckman que este está mentalmente enfermo y delira⁷⁸⁸.

¿Por qué no podía soportar Descartes la simple verdad, que mucho de lo que sabía lo había aprendido de Beeckman? Porque desde que

⁷⁸⁷ Gaukroger, *Descartes: An Intellectual Biography* (1995), 90.

⁷⁸⁸ Traducciones francesas de las cartas en latín en Descartes, *Oeuvres philosophiques* (1963), vol. 1, 270-284.

se había despertado de sus sueños en la mañana del 11 de noviembre de 1619 se había dicho a sí mismo que él solo estaba construyendo una nueva filosofía, que partía de cero, que no le debía nada a nadie. La verdad de esta dependencia intelectual de Beeckman le era absolutamente intolerable. Y así, en el relato autobiográfico que abre el *Discours de la Méthode* en 1637, no está Beeckman, solo hay el famoso relato de la habitación caldeada por la estufa:

Por aquella época yo estaba en Alemania, a donde había sido llamado por las guerras que todavía no han terminado allí. Cuando volvía al ejército desde la coronación del emperador, el inicio del invierno me detuvo en cuarteles en los que, no encontrando conversación que me entretuviera y no teniendo, por suerte, cuidados o pasiones que me incomodaran, pasaba todo el día solo, encerrado en una habitación caldeada por una estufa, donde era completamente libre de conversar conmigo mismo acerca de mis propios pensamientos. Entre los primeros que se me ocurrieron estaba el pensamiento de que por lo general no hay tanta perfección en las obras compuestas de diferentes partes y producidas por diferentes artesanos como en las obras de un hombre solo. Así, vemos que los edificios comenzados y completados por un único arquitecto suelen ser más atractivos y estar mejor planeados que

aquellos en los que son varias personas las que han intentado apañar⁷⁸⁹...

§ 2.

Volvamos al tema que discutimos en el capítulo 3. En este caso, según un aristotélico, las explicaciones formales y finales son exteriores: su forma está en la mente del ebanista y su propósito es proporcionar a alguien un lugar en el que trabajar. Pero en el caso del roble, la forma y el propósito están en un cierto sentido *dentro* de la bellota. Las causas eficientes son externas; las causas formales y finales son, en los objetos naturales, internas; y las causas materiales son, para empezar, externas, aunque (como el agua absorbida por las raíces del roble, o el desayuno que acabo de tomar) se transforman en internas.

Una explicación mecánica, en cambio, es sobre causas externas, no internas. Si el lector es un atomista antiguo (Epicuro o Lucrecio, por ejemplo), no aceptará que haya un principio interno que cause la formación y el desarrollo del roble, y lo dirija hacia la realización de su potencial. Los átomos son simplemente burujos de materia pasivos. Un roble es una acumulación de átomos a la que fuerzas externas le han conferido una determinada forma, de la misma manera que mi casa es una aglomeración de ladrillos a la que se le ha dado una determinada forma. Para un atomista antiguo o para un mecanicista moderno temprano (como Beekman o Descartes), la

⁷⁸⁹ Descartes, *Philosophical Writings* (1984), vol. 1, 116.

causación siempre es externa, nunca interna; solo hay causas eficientes o mecánicas^{cclxxii}. No hay causas formales o finales, y la causa material nunca varía.

Para Epicuro y Lucrecio, lo que importa de los átomos es su tamaño, forma y movimiento. Si esto es todo lo que los átomos tienen, entonces las cualidades que percibimos en el mundo (color, gusto, olfato, sonido, textura, temperatura) han de ser subproductos del tamaño, la forma y el movimiento. Tamaño, forma y movimiento han de ser primarios, y las otras cualidades han de ser secundarias. Si el sonido es producido por la vibración, entonces es fácil ver que el sonido puede ser el resultado del movimiento. Si frotar entre sí dos palos produce calor, entonces es posible pensar que el calor puede ser una forma de movimiento. Se puede emitir la hipótesis que el olfato es producido por partículas que penetran en la nariz. Las cualidades primarias son objetivas; las cualidades secundarias son subjetivas, porque dependen de nuestras maneras de sentir. En un mundo sin oídos no habría sonidos, solo vibraciones; en un mundo sin narices no habría olores, solo partículas flotando en la atmósfera. El ejemplo de Galileo, para aclarar esta idea de la subjetividad de la sensación, es una cosquilla: hazme cosquillas con una pluma y noto una sensación distinta, pero no hay nada en la pluma que corresponda a mi sensación de que me hacen cosquillas. Esta distinción entre realidad objetiva y sensación subjetiva la hizo Lucrecio. Galileo en *// Saggiatore* («El ensayista», 1623) fue el primer autor moderno en considerarla, aunque sin mencionar a Lucrecio por el nombre

(porque se consideraba que era un ateo peligroso; pero sabemos que Galileo poseía dos ejemplares de *De rerum natura*⁷⁹⁰). Después de Galileo, la distinción fue adoptada por Descartes. La terminología que ahora empleamos para expresar dicha distinción, entre cualidades primarias y secundarias, la introdujo Boyle en 1666 y la popularizó Locke en 1689⁷⁹¹. (El lenguaje lockeano de cualidades primarias y secundarias sustituye un lenguaje aristotélico anterior de cualidades primarias y secundarias, siendo las cualidades primarias caliente y frío, húmedo y seco).

Aunque Descartes seguía a los antiguos atomistas en su distinción entre cualidades primarias y secundarias, rechazó su creencia en el espacio vacío, el vacío. La materia, hasta donde a Descartes le concernía, solo tenía una característica fundamental, que ocupaba el espacio; de ahí se seguía que no podía haber vacío, pues entonces sería espacio sin nada que lo ocupara. Para Descartes, el mundo material está constituido por corpúsculos divisibles. Evita el término «átomos» porque los antiguos atomistas habían insistido en que los átomos no eran divisibles y que el espacio entre ellos estaba vacío.

La materia, en el plan de las cosas de Descartes, solo puede interactuar mediante contacto directo; no puede haber acción a distancia, y cuando dos cuerpos interactúan solo pueden hacerlo empujando el uno contra el otro, de modo que el magnetismo y la

⁷⁹⁰ Camerota, «Galileo, Lucrezio e l'atomismo» (2008); Favaro, «Libreria di Galileo Galilei» (1886), n.º 353 y 354.

⁷⁹¹ Boyle, *The Origine of Formes and Qualities* (1666), 10, 43 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 5, 308, 317.

gravidad han de ser explicados como el resultado de algún tipo de proceso de presionar, no de halar. Según Descartes, en el caso de la gravedad este proceso de presionar era el resultado de que la Tierra estaba atrapada en un vasto vórtice o torbellino de fluido que se arremolinaba alrededor del sol. Este vórtice mantenía a los planetas en sus órbitas y, a la vez, presionaba a los objetos hacia la superficie de la Tierra. El sol era una estrella entre otras muchas, cada una de ellas rodeada de su propio torbellino. De manera parecida, el magnetismo funcionaba a través de pequeñas serpentinas de materia parecidas a un sacacorchos que se extendían y que se bloqueaban sobre hierro: la atracción de un imán es en realidad una presión, de la misma manera que un sacacorchos empuja a un tapón fuera de una botella. (Yo puedo tirar del sacacorchos, pero este empuja al tapón).

En el sistema de Descartes solo hay un tipo de materia que, por sus interacciones y conglomeraciones, produce la enorme diversidad de materiales que nosotros experimentamos. Las leyes de su interacción son las tres leyes de la naturaleza. Estas son que «cada cosa, en la medida en que está en su poder, siempre permanece en el mismo estado; y que, en consecuencia, cuando es movida una vez, siempre continúa moviéndose»; que «todo movimiento es, por sí mismo, a lo largo de líneas rectas»; y que «un cuerpo, al ponerse en contacto con otro más fuerte, no pierde nada de su movimiento;

pero que, al ponerse en contacto con otro más débil, pierde lo que transfiere a dicho cuerpo más débil»⁷⁹².

Es fácil considerar al cartesianismo, con su insistencia en que los imanes, los sacacorchos e incluso lo que ahora llamamos gravedad, siempre empujan y nunca halan, como una broma, pero investigaciones recientes han demostrado que Descartes realizó algunos experimentos ingeniosos y bellos, y que su teoría del vórtice todavía era viable bien entrado el siglo XVIII⁷⁹³. La disputa crucial entre cartesianos y newtonianos era sobre la forma de la Tierra: Newton predijo que la Tierra era un elipsoide achatado o aplastado, mientras que los cartesianos habían predicho que la Tierra era un elipsoide prolato, o en forma de huevo. Expediciones francesas al Perú y a Laponia (1735-1744) descubrieron, para consternación de los implicados, que Newton tenía razón y los cartesianos estaban equivocados^{cclxxiii 794}.

§ 3.

La idea moderna de las leyes de la naturaleza es un subproducto de la filosofía de Descartes, porque Descartes fue la primera persona que trató las leyes de la naturaleza como si fueran todo de lo que trata el conocimiento de la naturaleza. Galileo, Harriot y Beeckman habían descubierto cada uno de ellos y de manera independiente lo

⁷⁹² Descartes, *Principles of Philosophy*, vol. 2, 37-40.

⁷⁹³ Por ejemplo, Schuster, «Waterworld» (2005); y Buchwald, «Descartes' Experimental Journey» (2008).

⁷⁹⁴ Hoare, *The Quest for the True Figure of the Earth* (2004).

que llamamos la «ley de la caída»; pero ninguno había usado el término «ley» en este contexto. Según el conde de Buffon, que escribía en el siglo XVIII, «la naturaleza es el sistema de leyes eternas establecidas por el creador»⁷⁹⁵; de ahí se sigue que la tarea fundamental de la ciencia es la identificación de las leyes de la naturaleza^{cclxxiv}. Buffon podía, si quería, remontarse al siglo XVII e identificar toda una serie de leyes que se habían descubierto durante la Revolución Científica: la ley de la hidrostática de Stevin, la ley de la caída de Galileo, las leyes del movimiento planetario de Kepler, la ley de la refracción de Snell, la ley de los gases de Boyle, la ley de la elasticidad de Hooke, la ley del péndulo de Huygens, la ley del flujo de Torricelli, la ley de la dinámica de fluidos de Pascal, las leyes del movimiento y la ley de la gravitación de Newton. La mayoría de ellas, quizá todas, habían recibido el título de «leyes» en la época de Buffon (solo Newton empleaba la palabra «leyes» cuando describía sus propios descubrimientos), aunque solo una minoría habían adquirido ya etiquetas epónimas: el resto todavía tenían que recibir el nombre de sus descubridores^{cclxxv}. No resulta sorprendente que exista un libro sobre la Revolución Científica titulado *Nature and Nature's Laws*, puesto que el descubrimiento de las leyes de la naturaleza es uno de los logros más notables de la Revolución Científica⁷⁹⁶. En 1703, Newton se convirtió en presidente de la Royal

⁷⁹⁵ Citado en Wilson, «From Limits to Laws» (2008), 13.

⁷⁹⁶ Boas Hall, *Nature and Nature's Laws* (1970). Lo que denominamos ley de Boyle, de la que Boyle informó en 1662, se había convertido en ley en 1676 (Dear, *Discipline and Experience*, 1995, 207).

Society y esbozó un programa para definir sus objetivos. «La filosofía natural —escribió— consiste en descubrir la estructura y las operaciones de la naturaleza, y reducirlas, hasta donde sea posible, a normas o leyes generales, estableciendo dichas normas mediante observaciones y experimentos, y a partir de ahí deducir las causas y los efectos de las cosas...»⁷⁹⁷ Ahora de lo que trataba la ciencia eran las leyes de la naturaleza.

En cambio, los antiguos habían conocido, según nuestras estimaciones, solo cuatro leyes físicas: la ley de la palanca, la ley óptica de la reflexión, la ley de la flotabilidad y la ley del paralelogramo de las velocidades⁷⁹⁸. O, más bien, los antiguos habían conocido cuatro principios que nosotros llamamos leyes. Los antiguos se referían a las «leyes» de la naturaleza cuando querían decir que la naturaleza es regular y predecible, pero nunca identificaron ningún principio científico concreto como ley. Los romanos hablaban mucho acerca de la ley de la naturaleza (*lex naturae*), pero por lo general querían decir la ley moral.

Una ley es una obligación («No matarás», por ejemplo) impuesta a alguna criatura (seres humanos, ángeles) capaz de aceptar o rechazar dicha obligación. La ley moral se aplica a las criaturas racionales y que emplean lenguaje, y la ley de la naturaleza obliga a todos los seres humanos en virtud de su capacidad de reconocer que hay obligaciones morales que son comunes a todos ellos. No

⁷⁹⁷ Westfall, *Never at Rest* (1980), 632.

⁷⁹⁸ Boyer, «Aristotelian References to the Law of Reflection» (1946), 92.

hay leyes en la naturaleza no humana porque los seres humanos son (hasta donde sabemos) los únicos seres racionales que emplean lenguaje en la naturaleza. Hablar acerca de estas regularidades que aparecen en el mundo natural como «leyes» es hablar de manera metafórica: esto era tan obvio en el siglo I y en el siglo XVII como lo es ahora. Pero la metáfora es muy clara. Los griegos la empleaban una y otra vez (aunque la mayor parte del tiempo les gustaba contrastar lo natural y lo social), y los romanos, que siempre estaban entrando y saliendo de los tribunales de justicia, encontraron que era una manera obvia de referirse al hecho de que la naturaleza es regular y predecible en sus mecanismos. Fue una metáfora todavía más evidente para los cristianos, pues era fácil pensar en Dios como un legislador que imponía leyes a la naturaleza, y personificar la naturaleza es obedecerle.

Así, cuando hablamos de las leyes de la naturaleza podemos estar hablando de leyes que rigen el comportamiento humano o de leyes que rigen la naturaleza: «ley natural» y «leyes de la naturaleza», como decimos ahora. En el latín clásico no hay distinción: *lex* (o *ius*) *naturae* y *naturalis lex* (o *ius*) son sinónimos, y su uso más frecuente es en referencia a aquellas leyes morales que todos los seres humanos tienen (o se supone que tienen) en común. Así, también, al principio, ocurre en los idiomas modernos. «Law of nature» es el término más común en inglés antes de 1650 (Hobbes, un caso extremo, emplea «natural law» dos veces en *Leviathan* y «ley de la naturaleza» más de cien veces) y *loy naturelle* es la frase más común en francés (y, asimismo, *legge naturale* en italiano, ley natural en

castellano). Una distinción lingüística para separar los dos tipos de ley, moral y científica, surge con Descartes, quien escribe *la loy* (o *les loix*) *de la nature* y nunca (al discutir asuntos científicos) *la loi naturelle*. Antes de Descartes, *la loy de nature* y *la loy de la nature* eran sinónimos, aunque la primera era más común. Pero Descartes y su autorizado traductor del latín al francés nunca escriben *la loy de nature*. Así, Descartes optó por la frase menos común de la que disponía en francés como traducción para *lex naturae* con el fin de dar a su frase una referencia precisa a las leyes científicas, no a las morales. Por un proceso similar en alemán, el término más raro, *Naturgesetz*, viene a significar primariamente ley de la naturaleza, mientras que el término más común, *Naturrecht*, continúa significando ley natural.

Seguramente es más fácil dar un nuevo significado a una frase no común que a una frase común. Los ingleses, sin embargo, siguieron a Descartes al usar «ley de la naturaleza», no «ley natural», para referirse a las leyes científicas; pero esto tuvo un efecto peculiar, porque «ley de la naturaleza» era el término más común en inglés para la ley moral. Utilizar el mismo término para ambas era innecesariamente confusionario, y con el tiempo los filósofos morales y políticos y los teólogos abandonaron en gran medida «ley de la naturaleza», cediéndola a los científicos, y cambiaron a «ley natural», con lo que se ponían a la par con los franceses, alemanes e italianos. Este es un caso sorprendente del francés que se impone al inglés, y de los científicos que determinan por primera vez el lenguaje de los teólogos. Como resultado, para nosotros los

modernos, las leyes de la naturaleza son leyes científicas y las leyes naturales son leyes morales. En este sentido, todos somos cartesianos.

§ 4.

Mucho antes que Descartes podemos encontrar referencias a leyes de la naturaleza en un contexto científico, y los estudiosos se han esforzado para desenmarañar los orígenes del concepto⁷⁹⁹. No hay duda de que tiene múltiples orígenes, ni de que adopta una importancia totalmente nueva con Descartes. Distinguiré tres orígenes, de los que el más importante (en mi opinión) ha sido ignorado en gran parte hasta el momento. Primero, filósofos nominalistas desde Guillermo de Ockham (1288-1348) en adelante atacaron la doctrina aristotélica de las formas. No existe tal cosa como una forma o esencia, afirmaban, solo hay objetos particulares. Cuando hablamos de formas empleamos un marbete (o nombre, de ahí el término «nominalismo») que hemos elegido para añadir a determinados particulares. En su opinión, las formas aristotélicas eran presencias fantasmales; no se las podía capturar nunca, pero siempre se añadían a la explicación. Claramente, en el caso de

⁷⁹⁹ Discusiones clave son: Zilsel, «The Genesis of the Concept of Scientific Progress» (1945); Needham, «Human Laws and Laws of Nature in China and the West (I)» (1951); Needham, «Human Laws and Laws of Nature in China and the West (II)» (1951); Oakley, «Christian Theology and the Newtonian Science» (1961); Milton, «The Origin and Development of the Concept of the "Laws of Nature"» (1981); Ruby, «The Origins of Scientific "Law"» (1986); Steinle y Weinert, «The Amalgamation of a Concept» (1995); Milton, «Laws of Nature» (1998); Henry, «Metaphysics and the Origins of Modern Science» (2004); Oakley, *Natural Law, Laws of Nature, Natural Rights* (2005); Joy, «Scientific Explanation» (2006); y Harrison, «The Development of the Concept of Laws of Nature» (2008).

construir una mesa, el carpintero tiene un plan: la forma es una idea en su mente, y la mesa que construye corresponde a dicha forma. Pero ¿dónde está la forma del roble? Y si no se la puede localizar, ¿cómo puede actuar en el mundo? Si el universo es regular y predecible, ello no se debe a que haya formas internas, sino a que Dios ha impuesto orden sobre él desde el exterior. Dios podía haber hecho el universo de muchas maneras diferentes; ha elegido arbitrariamente hacerlo como es, y el orden que exhibe es un orden que Él ha elegido para imponerlo sobre el universo. Así, Jean Gerson (1363-1429), un nominalista, sostiene que «la ley de la naturaleza en lo que se refiere a cosas creadas es lo que regula su movimiento y acción y su tendencia hacia sus objetivos»⁸⁰⁰. Aquí, el término «ley» implica causación externa, divina, pero el contenido concreto de la ley de la naturaleza no se especifica nunca, y seguramente hay margen para excepciones ocasionales a la ley, aunque solo sean monstruos y milagros. A algunos comentaristas modernos les gustaría aducir que la invención de las leyes de la naturaleza solo podría tener lugar en una cultura monoteísta, en la que Dios pudiera concebirse como un legislador absoluto; así, la Revolución Científica lo debe todo al cristianismo. Es verdad, ciertamente, que los argumentos de los nominalistas son teocéntricos, pero como veremos esto no es verdad para otras maneras de pensar acerca de las leyes de la naturaleza.

⁸⁰⁰ «Lex naturae est in rebus creatis regulatio motuum et operationum et tendentiarum in suos fines». Citado de Oberman, «Reformation and Revolution» (1975), 425 n. 47.

En segundo lugar, en las disciplinas matemáticas, a menudo se usaba *lex* como sinónimo de *regula*, o «regla», para referirse o bien a regularidades naturales que no podía demostrarse que fueran estrictamente necesarias (en otras palabras, donde no había una explicación totalmente filosófica, o causal), o bien a axiomas. Así, Roger Bacon se refiere a la ley de la reflexión (el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia) y Rheticus, el discípulo de Copérnico, declaraba que este había descubierto «las leyes de la astronomía» (el propio Copérnico no había hecho tal afirmación). Ramus, como hemos visto, escribe acerca de las «leyes» de Ptolomeo y Euclides⁸⁰¹. El término «ley» implica una regularidad ininterrumpida, sin excepciones, pero no se expresa nada acerca de la causación. Dichas leyes tienen un contenido especificable.

Ambas tradiciones se unen en París en la obra de Jean Fernel (1497-1558), que inició su carrera como astrónomo y matemático y después pasó a la medicina, inventando el término «fisiología». Según Fernel, existen leyes eternas, inmutables que rigen el universo: son ordenadas por Dios, y sin ellas no habría orden en el universo. Las leyes de la medicina encajan dentro de esta estructura más amplia de leyes, y la ley fundamental de la medicina es el antiguo principio hipocrático que los opuestos curan a los opuestos: una fiebre es curada enfriando el cuerpo, por ejemplo. Esto nos

⁸⁰¹ Ruby, «The Origins of Scientific "Law"» (1986), 342-343, 353-355, 357.

parece un principio, una máxima o una regla general, no una ley, porque carece de especificidad⁸⁰².

Ni los usos nominalistas ni los matemáticos son particularmente comunes, y no podemos mostrar ninguna influencia directa de ninguno de ellos en los usos del siglo XVII. Galileo hace solo tres referencias a las leyes de la naturaleza, en cada ocasión cuando argumenta contra las objeciones teológicas al copernicanismo; no hay leyes de la naturaleza en sus obras más propiamente científicas⁸⁰³. La primera persona que situó la idea de una ley universal en el meollo del intento de entender la naturaleza, y que dio un cierto contenido específico a dicha idea, fue Descartes, primero en su correspondencia en 1630, después en *Le Monde* («El mundo») (completado en 1633 pero que se publicó póstumamente: Descartes perdió toda esperanza de publicación cuando se enteró de la condena de Galileo), y después en los *Principia philosophiae* (latín, 1644; francés, 1647; en *Le Discours de la Méthode* Descartes emplea la frase «principios de la naturaleza» en lugar de «leyes de la naturaleza»^{cclxxvi}). Descartes, como hemos visto, propuso tres leyes, pero sus leyes, las primeras leyes que importan, no aparecen en las listas modernas de descubrimientos científicos: las dos primeras leyes de la naturaleza de Descartes se convirtieron en la primera ley del movimiento de Newton, y la tercera fue refutada por las leyes de Newton.

⁸⁰² Fernel, *Therapeutice, seu medendi ratio* (1555), 1r-6r. Véase también Fernel, *On the Hidden Causes of Things* (2005), 30 n. 90. Debo estas referencias a Sophie Weeks.

⁸⁰³ Steinle y Weinert, «The Amalgamation of a Concept» (1995), 320-321.

Más ajustado al tema, una lista moderna de leyes habría sorprendido mucho a Descartes. Pretendía que sus tres leyes fueran solo leyes. A partir de ellas, sería posible derivar un sistema completo de conocimiento que abarcara todos los aspectos del mundo natural, de la misma manera que se puede deducir toda la geometría euclidiana a partir de cinco axiomas. Descartes no tenía ninguna intención de ver proliferar y multiplicarse las leyes. Desde luego, a medida que descubría las implicaciones de sus leyes, extrajo una serie de conclusiones subsidiarias. Había, por ejemplo, siete reglas (*regulae*) que le permitían predecir qué ocurriría en colisiones entre cuerpos que se desplazaran a lo largo de la misma línea recta (cuerpos en un vacío, aunque Descartes sostenía que esto no existía; las reglas para cuerpos que se desplazaban en un pleno se hallaban más allá de sus capacidades): a estas reglas no se las denomina nunca «leyes». A lo largo de medio siglo, el término de Descartes «leyes de la naturaleza» se estableció como central para el lenguaje de la ciencia, pero al mismo tiempo su significado cambió, de modo que pronto dejó de parecerse a la concepción original de Descartes.

¿De dónde procedía la concepción de Descartes de una ley de la naturaleza? Bien, Lucrecio tenía un concepto de una ley de la naturaleza, aunque no emplea la frase *lex naturae*; en su lugar emplea (tres veces) la frase *foedus naturae*. Un *foedus* es una liga, o compacto, pero a menudo se usa como sinónimo de *lex*, y los

comentaristas de Lucrecio del Renacimiento lo interpretaban hablando de las leyes de la naturaleza⁸⁰⁴. Bacon escribe acerca de «la ley de la naturaleza y los contratos mutuos de las cosas»: está parafraseando a Lucrecio. Para Lucrecio, la atracción del hierro por un imán tiene lugar según una ley de la naturaleza, y las especies se reproducen fielmente: los perros producen perros y los gatos, gatos, según una ley de la naturaleza. Parece absolutamente cierto que Descartes pensaba en Lucrecio cuando formuló sus leyes de la naturaleza porque toma una frase que este utiliza, *quantum in se est* (una frase muy difícil de traducir pero que, aproximadamente, es «tanto como en ello reside»), en su primera ley del movimiento. Lucrecio emplea la frase cuatro veces en *De rerum natura*, dos veces en discusiones de la manera en que los átomos caen naturalmente hacia abajo, «tanto como en ellos reside», a través del vacío, pasajes que prefiguran la concepción de la inercia de Descartes. La misma frase la empleará después Newton en su definición de la inercia; es evidente que tomó la frase de Descartes, y solo posteriormente descubrió que se había originado en Lucrecio⁸⁰⁵.

Hasta aquí, al trazar la idea de una ley de la naturaleza, hemos seguido una línea de argumentación establecida. Pero para comprender de dónde procede la preocupación de Descartes por las leyes de la naturaleza hemos de considerar un texto que

⁸⁰⁴ Hine, «Inertia and Scientific Law in Sixteenth-century Commentaries on Lucretius» (1995).

⁸⁰⁵ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 49-54; Cohen, «*Quantum in se est*» (1964); «*Nos in jure naturae enucleando et rerum foederibus interpretandis paulo diligentiores erimus...*»; «The History of the Sympathy and Antipathy of Things», Bacon, *Works* (1857), vol. 2, 81.

previamente no se ha discutido en este contexto. Hemos de detenernos en el más extenso y más filosófico de los ensayos de Montaigne, «Apología por Ramon Sibiuda»^{cclxxvii}, publicado por primera vez en 1580. El pasaje contenía originalmente una única cita directa de Lucrecio, pero se añadieron otras dos en 1588, y veremos en un momento que está inspirado directamente por Lucrecio acerca de *foedus naturae*. He aquí una versión abreviada, en la que, por mor de simplificación, omito las adiciones posteriores de Montaigne al texto de 1580:

Nada de nosotros puede compararse o asociarse con la naturaleza de Dios, en ningún modo, sin mancharla o ensuciarla [es decir, la naturaleza de Dios] con un grado de imperfección...

Queremos hacer a Dios subordinado a nuestra comprensión humana con sus probabilidades vanas y débiles; pero es ÉL el que nos ha hecho a nosotros y todo lo que conocemos. «Puesto que nada puede hacerse a partir de nada, Dios no pudo construir el mundo sin materia». ¿Qué? ¿Ha puesto Dios en nuestras manos las llaves de los últimos principios de su poder? ¿Se obligó a no aventurarse más allá de los límites del saber humano? Vosotros solo veis (si es que alcanzáis a ver tanto) el orden y el gobierno de esta pequeña cueva en la que moráis; más allá, su deidad tiene una jurisdicción infinita. La minúscula porción que conocemos no es nada comparada con TODO:

omnia cum coelo terraque marique

nil sunt ad summam summaï totius omnem.

[Lucrecio: «Todos los cielos, el mar y la tierra no son nada comparado con el mayor TODO de todo»].

Las leyes que citáis son reglamentos [*une loi municipale*]: no tenéis concepción de la ley del universo [*l'universelle*; es decir, *la loi universelle*]. Estáis sometidos a los límites; limitaos a ellos vosotros, no Dios [Montaigne cita varios milagros] un cuerpo material no puede atravesar una pared sólida; un hombre no puede permanecer vivo en un horno. Es para vosotros que hizo estas leyes [*regles*]; sois vosotros los que estáis limitados por ellas. Dios, si le place, puede verse libre de todas ellas: ha hecho que los cristianos sean testigos del hecho...

Que vuestra razón nunca consigue ser más probable o mejores fundamentos que cuando consigue persuadirnos de que hay muchos mundos parece improbable, por lo tanto, que Dios hiciera únicamente este universo y no otro como él. Ahora bien, si hay varios mundos, como Epicuro y casi toda la filosofía han opinado, ¿cómo sabemos que los principios y las leyes que son de aplicación a este mundo se aplican igualmente a los otros⁸⁰⁶?

El pensamiento de Montaigne procede aquí de su lectura de Lucrecio. En su ejemplar de Lucrecio, frente a uno de los cuatro pasajes en los que este discute las *foedera naturae*, las leyes de la naturaleza, escribió, resumiendo a Lucrecio: «El orden y la

⁸⁰⁶ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 585-587; y Montaigne, *Oeuvres complètes* (1962), 504-505.

uniformidad de la conducta de la naturaleza hacen evidente la uniformidad de sus principios»⁸⁰⁷. Es contra esta posición como parece estar argumentando aquí. Si es sincero, es algo difícil de decir: después de haber destacado su creencia en los milagros, continúa haciendo que el concepto de un milagro sea totalmente subjetivo solo unos párrafos más adelante. Lo que es importante para nuestros propósitos inmediatos es la manera en que su discusión reverbera en la literatura posterior sobre la ley de la naturaleza, porque desde luego Montaigne era leído por todas las personas cultas.

He aquí a Walter Charleton, que parafrasea más o menos a Montaigne en 1654:

Por la ley de la naturaleza, cada cuerpo en el universo es consignado a su lugar peculiar, es decir, a aquel cantón del espacio que responde exactamente a sus dimensiones; de modo que si un cuerpo está en reposo, o se mueve, siempre comprendemos que el lugar en el que se halla es extenso, al ser uno y el mismo, es decir, igual a sus dimensiones.

Decimos, *por la ley de la naturaleza*, porque, si nos convertimos a la omnipotencia de su autor, y consideramos que el creador no circunscribió su propia energía a estas constituciones fundamentales, que su sabiduría impuso a la criatura, hemos de ajustar los nervios de nuestra mente a una clave superior de concepción, y dejar que nuestra razón aprenda de nuestra fe para

⁸⁰⁷ Screech (ed)., *Montaigne's Annotated Copy of Lucretius* (1998), 229.

admitir la posibilidad de un cuerpo existente sin extensión, y la extensión de un cuerpo consistente sin el propio cuerpo; como en el misterio sagrado de la aparición de nuestro Salvador a sus apóstoles después de su resurrección estando cerradas las puertas [compárese con Montaigne: «un cuerpo material no puede atravesar una pared sólida»]. No es que podamos comprender la *manera* de una u otra, es decir, la existencia de un cuerpo sin extensión, y de extensión sin un cuerpo; para nuestros estrechos intelectos, que no pueden tomar la altitud del menor efecto en la naturaleza, han de confesar una medida incompetente de sobrenaturales. Pero que, sea quien sea que permita que el poder de Dios haya formado un cuerpo a partir de ninguna materia preexistente [compárese con Montaigne: «nada puede hacerse a partir de nada»] no puede negar que el mismo poder se extienda a la reducción de nuevo del mismo cuerpo a nada de materia⁸⁰⁸.

Y aquí está Boyle, distinguiendo, siguiendo a Montaigne, entre las leyes universales y las leyes municipales de la naturaleza (el término «leyes municipales» es, como reconoce, extraño para emplearlo en inglés; solo lo utiliza, estoy seguro, porque tiene a Montaigne en la mente):

A veces podemos distinguir de manera útil entre las *leyes de la naturaleza*, así llamadas más propiamente, y la *costumbre de la naturaleza* o, si os parece, entre las constituciones fundamentales y generales entre las cosas corporales, y las leyes municipales (si

⁸⁰⁸ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 263.

puedo llamarlas así), que pertenecen a tal o cual tipo de cuerpos. Para resumir, y variar algo nuestro ejemplo tomado del agua; cuando esta cae al suelo, se puede decir que lo hace en virtud de la *costumbre de la naturaleza*, al ser casi constantemente usual que este líquido tienda hacia abajo, y en realidad que caiga, si no es impedido externamente. Pero cuando el agua asciende por succión en una bomba, u otro instrumento, este movimiento, al ser contrario al que es acostumbrado, se hace en virtud de una *ley de la naturaleza* más católica^{cclxxviii}, por la cual dado esto, que una presión mayor, que en nuestro caso el agua experimenta por el peso forzoso del aire, debe sobrepasar a una presión menor, como es aquí la gravedad del agua, que asciende en la bomba o tubería⁸⁰⁹.

Descartes también leía a Montaigne con toda seguridad, y extrajo de él una idea asombrosa: una ley adecuada de la naturaleza sería universal en el sentido de que no solo sería cierta para este universo, sería cierta para cualquier universo posible. En la actualidad tenemos una prueba menos estricta: las leyes de la naturaleza son ciertas para cualquier momento y cualquier lugar en nuestro universo⁸¹⁰. Si consideramos que esto es una característica fundamental de las leyes de la naturaleza, entonces es muy difícil ver cómo un aristotélico pudiera tener ninguna idea de ellas. En la física aristotélica, a las esferas sublunar y supralunar se aplican leyes diferentes⁸¹¹. En una hay cambio y el movimiento natural es

⁸⁰⁹ Boyle, *A Free Enquiry* (1686), 256-257 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 10, 524.

⁸¹⁰ <http://www.iep.utm.edu/lawofnat/>.

⁸¹¹ Estoy en deuda con Sophie Weeks por llamarme la atención sobre este punto.

vertical, mientras que en la otra no hay cambio y el movimiento natural es circular. No hay leyes físicas comunes a ambas esferas. En la esfera sublunar podría parecer fácil formular algunas leyes generales: todos los seres vivos mueren; los hijos se parecen a sus padres. Pero el fénix no muere, y los nacimientos monstruosos no se parecen a sus padres. Por lo tanto, los aristotélicos reconocen que, en la esfera sublunar, no hay regularidades que no tengan excepciones; en la esfera supralunar, todo es regularidad sin excepción; no hay regularidades que sean de aplicación a ambas esferas. En consecuencia, no hay leyes aristotélicas de la naturaleza.

Descartes, sin embargo, no va tras la universalidad en el sentido limitado en el que entenderíamos el término, sino en el sentido más firme introducido por Montaigne cuando pregunta qué leyes se aplicarían en otros universos, suponiendo que estos existan. En los *Principia philosophiae* (1644) Descartes insiste que no está describiendo las leyes que rigen nuestro universo, sino una serie de leyes tales que, si uno empezara con el puro caos, aparecería por evolución un universo indistinguible del nuestro. Descartes nos asegura que no es así como empezó nuestro universo: Dios lo hizo, Dios lo ordenó, como todos sabemos perfectamente. Pero nos permite establecer las leyes que sería necesario aplicar en cualquier universo posible. Aquí, Descartes se lía un poco. Quiere, como los nominalistas, insistir en que Dios determinó libremente qué son las leyes de la naturaleza e incluso de las matemáticas: nos parecen necesarias para nosotros, pero no son necesarias para Él; al mismo

tiempo, quiere argumentar que cualquier Dios racional tendría que optar por estas leyes si deseara crear un universo ordenado y coherente. Tal como se quejaba Roger Cotes, un discípulo de Newton:

Quien piense encontrar los verdaderos principios de la física y las leyes de las cosas naturales únicamente mediante la fuerza de su mente y la luz interna de su razón [es decir, Descartes], ha de suponer o bien que el mundo existe por necesidad y de esta misma necesidad se siguen las leyes propuestas; o bien, si el orden de la naturaleza se estableció por la voluntad de DIOS, que él, un reptil miserable, puede decir qué es lo más adecuado que hay que hacer⁸¹².

¿Cómo se metió Descartes en este lío? Porque intentaba establecer leyes que fueran, en los términos de Montaigne, realmente universales, leyes que operarían tanto para un universo creado por un Dios omnipotente como para un universo epicúreo creado a partir del caos por la concatenación aleatoria de átomos; de ahí su fracaso en usar el término «leyes» para los efectos locales^{ccclxxix}.

La concepción de Descartes de las leyes de la naturaleza fue muy influyente. En los *Principia*, Newton, como Descartes, tiene solo tres leyes. Consideró que los principios de movimiento planetario de Kepler (que este nunca había llamado leyes) eran, tales como propuso Kepler, simplemente regularidades estadísticas;

⁸¹² Newton, *The Mathematical Principles of Natural Philosophy* (1729), prefacio de Mr Cotes, A8r (traducción de la edición en latín de 1713).

adquirieron condición parecida a la ley solo cuando se demostró, junto con la ley de la caída de Galileo, que derivaban de necesidad de un principio genuinamente universal, el de la gravedad⁸¹³. (Evidentemente Newton dudaba acerca de si llamar gravitatoria a una ley, pues no corresponde a las tres leyes cartesianas; la llama ley en la *Opticks*, pero no en los *Principia*). También Boyle, evidentemente, pensó que solo había un pequeño número de «leyes más católicas», y estas eran las leyes de la naturaleza así llamadas propiamente.

Pero Bacon había defendido una aproximación diferente. Bajo una ley única y suprema (la llamaba *summa lex*, la ley fundamental, pero nunca resolvió lo que era), había buscado otras leyes subordinadas (de las que a menudo piensa que son «cláusulas» dentro de la ley global) porque, después de todo, incluso Montaigne permitía la existencia de leyes municipales: la ley del calor es un ejemplo que Bacon ofrece, que definiría la esencia del calor en todas sus varias manifestaciones; mientras que Lucrecio había discutido la ley del magnetismo. Este enfoque abrió el camino a una multiplicación de leyes: la hipótesis de Boyle en relación a los gases (que él nunca llamó ley) podía ahora contarse como una. Vemos esta actitud más laxa ya en acción en Walter Charleton, donde hay multitud de otras leyes además de las tres «*leyes generales* de la naturaleza, por medio de las cuales se producen todos los efectos»,

⁸¹³ Russell, «Kepler's Laws» (1964) y Wilson, «From Kepler's Laws, So-called, to Universal Gravitation» (1970), sobre la recepción de las «leyes» de Kepler.

como «las leyes de la rareza y de la densidad» y «las leyes establecidas e inalterables de la atracción magnética»⁸¹⁴. Es esta aproximación más llevadera lucreciana, baconiana, charletoniana que acabó por ser la de la Royal Society y de la ciencia del siglo XVIII, en contraste con la mucho más atrevida de Montaigne y Descartes⁸¹⁵.

§ 5.

Descartes y sus seguidores, que fueron los primeros en destacar la idea de las leyes de la naturaleza, se enfrentaban a una serie de dificultades teológicas; a pesar de ello, sostuvieron que su enfoque era más fácil de reconciliar con el cristianismo de lo que era el aristotelismo, pues Aristóteles había creído que el universo era eterno y no había creído en la inmortalidad personal. Había cuatro puntos de riesgo concretos.

Primero, ¿cómo puede hacerse que el alma encaje en un universo mecanicista? Descartes hacía una separación estricta entre la mente y la materia: la mente era inmaterial e inmortal, de modo que la relación de la mente con el mundo sensorial del espacio y el tiempo era intrínsecamente problemática. Descartes resolvió este problema lo mejor que supo al afirmar que la mente actuaba sobre el cuerpo a través de la glándula pineal. Como resultado, la mente se convertía en «el fantasma en la máquina»⁸¹⁶.

⁸¹⁴ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 343, 258, 395.

⁸¹⁵ Steinle, «Negotiating Experiment, Reason and Theology» (2002).

⁸¹⁶ Ryle, *The Concept of Mind* (1949).

Segundo, ¿cuál es el papel de Dios en la formación del universo? Descartes estaba deseoso de considerar un universo en el que Dios establecía las condiciones iniciales y después dejaba que la máquina se ensamblara y funcionara sola. Otros, en cambio, aducían que estaba muy claro que leyes generales del tipo descrito por Descartes nunca podrían producir el diseño perfecto que se puede encontrar en la pata de un perro. Descartes nunca comparó el universo en su conjunto a una máquina producida por el hombre porque no tenía intención de decir que el universo había sido diseñado y construido deliberadamente como lo es una máquina construida por el hombre. Robert Boyle, en cambio, insistía en que esta era precisamente la manera en que se tenía que pensar en el universo: siguiendo a Kepler, comparó el universo a un reloj, y así comparó Dios a un relojero. El universo de Descartes es un autómatas, pero (al menos en potencia) un autómatas que se construye a sí mismo. El universo cartesiano no está hecho para el hombre⁸¹⁷; el universo boyleano, sí. Tenemos derecho a sentirnos como en casa en el universo de Boyle, aunque sea un aparato mecánico; no está claro que un alma inmortal e inmaterial tenga ninguna obligación de sentirse como en casa en el universo de Descartes.

Tercero, ¿cómo funcionan como causas las leyes de la naturaleza? Es defendible que $2 + 2$ sea igual a 4 en cualquier universo; y, a

⁸¹⁷ Descartes es explícito acerca de esto: Descartes, *Principia philosophiæ* (1644), parte 3, §iii; y Descartes, *Les Principes de la philosophie* (1668), 114-115.

buen seguro, palancas y balanzas funcionarían de la misma manera en cualquier universo. Pero ¿acaso el ángulo de reflexión tiene que ser igual que el ángulo de incidencia en cualquier universo? ¿Podría existir un universo en el que la tercera ley de la naturaleza de Descartes se cumpla realmente? Si las leyes de la naturaleza son algo menos que verdades matemáticas y algo más que regularidades percibidas, entonces parecería evidente que solo existen porque Dios ha elegido que sean de aplicación. Esto es voluntarismo, y parece seguirse naturalmente de la idea de las leyes de la naturaleza. Hay una incógnita aquí, porque la alternativa convencional al voluntarismo es el racionalismo, y un racionalista sostendría que las leyes de la naturaleza, como las leyes de las matemáticas, existen porque son necesarias. En la mayoría de cuestiones, Descartes es un racionalista, pero en lo que concierne a las leyes de la naturaleza, parece querer ser ambas cosas a la vez.

Una pregunta relacionada es: ¿cuál es el papel de Dios en la causación? ¿Ha dispuesto simplemente reglas generales, o aparece en todas y cada una de las ocasiones para asegurarse de que se aplique la regla? En el teclado de mi ordenador, si presiono la tecla de mayúsculas no puedo escribir ninguna letra en minúscula. No hay implicada una elección: la letra tiene que ser mayúscula. Una elección que hizo el fabricante cuando se diseñó el ordenador lo determina, y ahora nada puede cambiarlo. En cambio, casi cada vez que pulso la letra «Q» la hago seguir de la letra «U»; pero no hay una conexión causal entre la «Q» y la «U», sencillamente, elijo hacer que una siga a la otra. La afirmación que, del mismo modo que hago que

la «U» siga a la «Q», Dios actúa para crear lo que parecen conexiones causales en todas y cada una de las ocasiones (que, hablando con propiedad, no hay conexiones causales sino solo coincidencias temporales) se denomina ocasionalismo. La adoptaron Malebranche y otros seguidores de Descartes, y Newton a veces habla como si cada acto de la atracción gravitatoria sea querido directamente por Dios. No se puede ser un ocasionalista sin ser un voluntarista, y cada voluntarista ha dado al menos el primer paso del camino hacia el ocasionalismo.

Algunos historiadores de la ciencia quieren argumentar que no se pueden tener leyes de la naturaleza sin voluntarismo, y no puede haber voluntarismo sin un Dios creador omnipotente⁸¹⁸. En consecuencia, los griegos y los romanos fueron incapaces de formular la idea de las leyes de la naturaleza, y sin ellas no pudieron desarrollar la ciencia moderna. Esto habría sorprendido seguramente a Descartes y Newton, que encontraron en Lucrecio (en el caso de Descartes) una inspiración para sus propias ideas, o (en el caso de Newton) una prefiguración de las mismas. La idea de un Dios creador omnipotente puede ayudar a la formulación de una teoría de las leyes de la naturaleza, pero parece erróneo afirmar que sea una precondition necesaria.

⁸¹⁸ Harrison, «The Development of the Concept of Laws of Nature» (2008); véase también el debate entre Harrison y Henry sobre el voluntarismo: Harrison, «Voluntarism and Early Modern Science» (2002); Henry, «Voluntarist Theology at the Origins of Modern Science» (2009); y Harrison, «Voluntarism and the Origins of Modern Science» (2009).

Esto nos lleva a nuestro problema cuarto y último: ¿ignora Dios las leyes de la naturaleza? A Boyle le gustaba afirmar que Dios hace que se produzcan milagros, y que al hacerlo infringe sus propias leyes. Pero Galileo describió la naturaleza como inexorable e inmutable, y es muy difícil entender cómo puede haber excepciones de algún tipo a las leyes de Descartes⁸¹⁹. Los cartesianos franceses se enfrentaban a una censura efectiva, y por ello tenían que ser cuidadosos con lo que decían. Las *Meditationes (Meditaciones)* de Descartes de 1641 se colocaron en el Índice de libros prohibidos de la iglesia Católica en 1663 porque la filosofía corpuscular de Descartes (puesto que, como el atomismo de Lucrecio, negaba que existieran cosas tales como la sustancia o la forma) se consideraba incompatible con la doctrina católica de la transubstanciación (que declaraba que durante la misa había una transformación en la sustancia del pan y del vino, aunque conservaban su apariencia externa original⁸²⁰). En los países protestantes, la censura era menos rigurosa, aunque todavía había límites a los que se podía publicar. Así, algunos discípulos de Newton estaban preparados para seguir la lógica de la ley natural a través de sus conclusiones y sostener que todo lo que ocurre, ocurre de acuerdo con las leyes de la naturaleza⁸²¹. William Whiston (un alumno de Newton que era, como Newton, un arriano, es decir, que negaba que Jesucristo hubiera existido durante todo el tiempo y, en consecuencia, negaba

⁸¹⁹ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 5, 283.

⁸²⁰ Henry, *The Scientific Revolution* (2002), 92.

⁸²¹ Harrison, «Newtonian Science, Miracles, and the Laws of Nature» (1995).

la doctrina de la Trinidad), por ejemplo, afirmaba en 1696 que el Diluvio había sido causado al pasar la Tierra a través de la cola de un cometa⁸²². De manera parecida, ha de haber explicaciones naturales para la separación del mar Rojo, o para las plagas de Egipto; lo que es evidencia de la divina Providencia es que Dios dispuso que estos acontecimientos excepcionales coincidieran con la necesidad que se tenía de ellos.

Los protestantes hacía tiempo que aducían que los milagros modernos de los que informaban los católicos eran simplemente (cuando no eran fraudes) malas interpretaciones de acontecimientos naturales; los mismos argumentos se aplicaban ahora a la propia Biblia. Evidentemente, era más seguro aplicar dichas teorías al Antiguo Testamento que al Nuevo, pero, por implicación, también los milagros de Jesucristo, incluso la Resurrección, había que entenderlos como acontecimientos naturales, que coincidieron maravillosamente con la necesidad de una apariencia de intervención divina. Asimismo, cuando Dios responde a una oración peticionaria, se decía, no altera el curso de los acontecimientos con el fin de responder a la oración, pero, como Dios omnisciente, sabe con anterioridad que la oración será seguida por un acontecimiento que parecerá una respuesta. Así, los milagros y las respuestas a la oración se convierten en experiencias enteramente subjetivas; objetivamente, no hay nada aquí, aparte de una coincidencia. Montaigne ya había preguntado: «¿Cuántas cosas hay que llamamos

⁸²² Snobelen, «William Whiston, Isaac Newton» (2004).

milagrosas o contrarias a la naturaleza? Todos los hombres y naciones lo hacen según la medida de su ignorancia»⁸²³.

⁸²³ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 588; y Montaigne, *Oeuvres complètes* (1962), 506.

Capítulo 10

Hipótesis/teorías

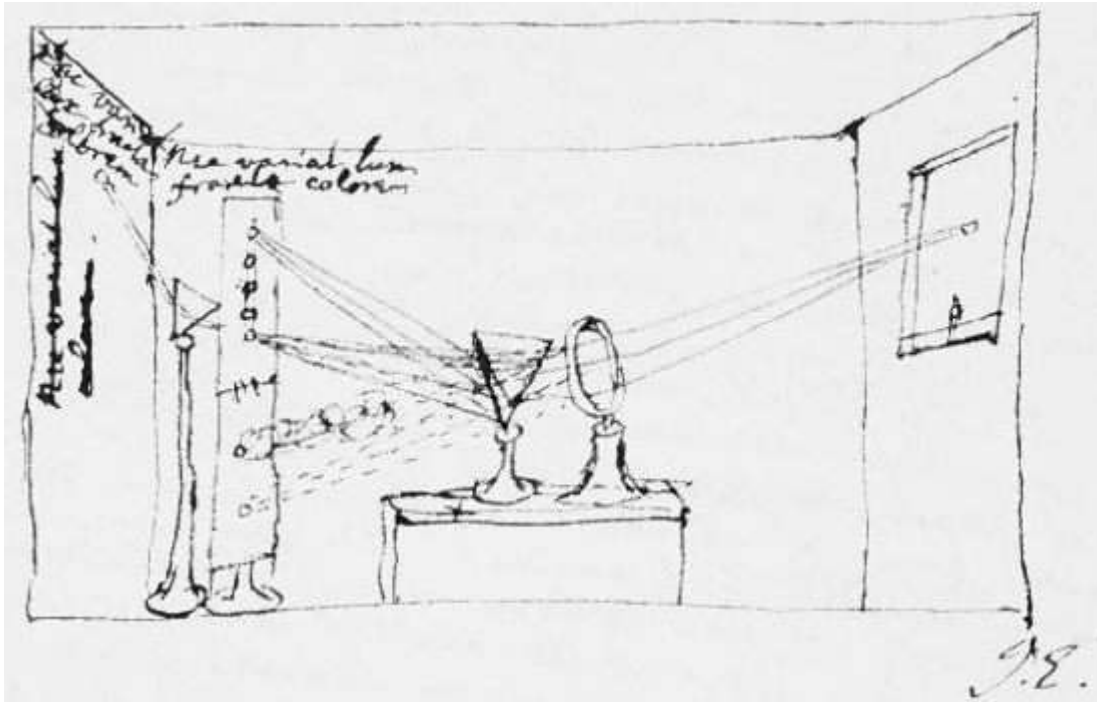
... un informe de un descubrimiento filosófico... que es a mi juicio la detección^{cclxxx} más extraña si no la más considerable que hasta el momento se haya hecho en las operaciones de la naturaleza.

Isaac Newton a Henry Oldenburg, 18 de enero de 1672.

§ 1.

«A principios del año 1666» Isaac Newton acababa de cumplir veintitrés años (su aniversario era el día de Navidad). El año anterior había obtenido su grado de licenciado en Artes. Un año después, aproximadamente, empezó a desarrollar su teoría de la gravedad; menos de cuatro años después, en octubre de 1669, se convirtió en profesor lucasiano de matemáticas (en aquella época la única cátedra de matemáticas en Cambridge), y exactamente cuatro años después, a principios de 1670, dio sus primeras clases en la universidad, sobre el tema de la óptica. A principios de 1666, se lo cuenta a sus lectores, adquirió un prisma. Muchas personas antes de Newton habían usado un prisma para descomponer la luz en los colores del espectro; resulta que todas ellas habían proyectado la luz del prisma a una superficie cercana. Newton instaló su prisma en sus habitaciones del Trinity: hizo un agujero en la persiana de su ventana para dejar pasar un delgado haz de luz y colocó su prisma

cerca del agujero, de manera que la luz del prisma se proyectara a una pared que se hallaba a 3,5 metros de distancia.



Este esbozo del experimentum crucis lo hizo Newton para proporcionar una guía para una ilustración que tenía que acompañar la traducción francesa de la Opticks (1720). Un rayo de luz penetra en la habitación a oscuras a través de un agujero en el postigo de la derecha; pasa a través de una lente que reduce el rayo, y después a través de un prisma, que lo divide en los colores del arco iris, que son proyectados en forma oblonga sobre una pantalla. Un color pasa a través de un agujero de la pantalla y encuentra un segundo prisma. Este color es refractado otra vez, pero sigue siendo un fino rayo de luz y su color no cambia. (Con permiso del Warden and Scholars of New College, Oxford/Bridgeman Art Library; MS. 361, fol. 45v).

El sol es circular; el agujero en la persiana de Newton era circular, y por ello la mancha de colores sobre la pared también tenía que haber sido circular; pero no lo era, era unas cinco veces más larga que ancha⁸²⁴.

Newton consideró varias posibilidades. Estableció que no había nada malo en el prisma, y que la luz se desplazaba en línea recta desde el prisma a la pared, que no se curvaba de alguna manera extraña, como una pelota de tenis que se desplazara con un efecto de giro. De modo que hizo que la luz atravesara un agujero más pequeño antes del prisma, y después hacía pasar fracciones de la luz que salía del prisma a través de otro pequeño agujero en una tabla, al otro lado de la cual colocó un segundo prisma. La luz blanca que penetraba en el primer prisma se escindía en un espectro de colores, pero cada color permanecía igual a sí mismo cuando atravesaba el segundo prisma, y cada color era refractado por el segundo prisma en la misma medida en que había sido refractado por el primero; a esto lo denominó el *experimentum crucis*. Newton había descubierto que la luz blanca no es homogénea, sino que está constituida por todos los colores del espectro, y que cada color es refractado por una cantidad diferente cuando pasa a través del prisma. Siguió hasta concluir que un telescopio de reflexión sería muy superior al telescopio de refracción

⁸²⁴ Newton, *Papers y Letters* (1958), imprime los textos clave y las cartas publicados; el análisis de Kuhn está en 27-45. Los informes de Westfall son: Westfall, «The Development of Newton's Theory of Color» (1962); y Westfall, *Never at Rest* (1980), 156-174. Mi propia cronología se basa en Westfall, Shapiro, «Introduction» (1984); Guerlac, «Can We Date Newton's Early Optical Experiments?» (1983); y Hall, *All was Light: An Introduction to Newton's Opticks* (1993), 33-59.

convencional, porque la imagen no se vería arruinada por un halo de los distintos colores del espectro (aunque habrían de pasar otros dos años antes de que tuviera la oportunidad de desarrollar adecuadamente esta idea^{cclxxxix}). En 1670 dio conferencias sobre su nueva teoría de la luz y los colores, y en 1672 esto se convirtió en su primera publicación: «A Letter of Mr Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; Containing His New Theory about Light and Colors».

El relato, tal como lo cuenta Newton, no es creíble. El experimento que describe no puede realizarse en Cambridge a principios de año: requiere que el sol alcance una elevación de 40 grados por encima del horizonte. En cualquier caso, Newton no estaba en Cambridge a principios de 1666. En una conversación mantenida hacia el final de su vida dijo que había comprado el prisma en agosto de 1665 (corregido en el manuscrito a 1663) en la feria de Sturbridge, pero no había feria en 1666, y no estuvo en Cambridge para la feria de 1665. Lo mejor que podemos hacer es decir que los primeros experimentos con un prisma tuvieron lugar probablemente poco antes de junio de 1666 (cuando Newton se fue de Cambridge para escapar de la peste), que el prisma se compró en alguna otra feria y que después Newton realizó otros experimentos, incluido el experimento crucial, en el verano de 1668.

La fecha exacta apenas importa. Más importante es la evidencia de los libros de notas de Newton, que sugieren que sabía de la refracción diferencial de los colores en 1664, en cuya fecha ya tenía un prisma (quizá adquirido en la feria de Sturbridge en agosto de

1663). Newton miraba a través del prisma una tarjeta, la mitad de la cual era blanca y la otra mitad negra; y un cordel, la mitad de cuya longitud era roja y la otra mitad azul: en ambos casos, el prisma parecía partir el objeto en dos, al no conseguir alinear un color con el otro. Cuando Newton realizó su experimento en 1666, probablemente ya estaba diseñado de manera deliberada para producir el espectro alargado, un efecto que Newton describe como si fuera una completa sorpresa. Richard Westfall, el biógrafo moderno de Newton, llega a la conclusión de que hemos de considerar la afirmación de Newton de que se sorprendió por la imagen oblonga que emitía el prisma «como un recurso retórico que no hay que entender literalmente»⁸²⁵. Thomas Kuhn sostenía que «la implicación del relato de Newton de 1672 es errónea en el sentido de que Newton no pasó tan directamente o tan inmediatamente del primer experimento del prisma a la versión final de la teoría como haría suponer el primer artículo»⁸²⁶. Peter Dear va más allá (demasiado, quizá): el relato de Newton es «espurio» porque «en realidad el suceso descrito no tuvo lugar»⁸²⁷.

¿Por qué habría reescrito Newton de esta manera lo que había ocurrido realmente? Una respuesta es que quería pretender que había trabajado desde los fenómenos a una teoría, y no al revés: la Royal Society admiraba a Bacon, y esta habría sido la manera

⁸²⁵ Westfall, «The Development of Newton's Theory of Color» (1962), 352.

⁸²⁶ Newton, *Papers y Letters* (1958), 34 n. 11

⁸²⁷ Dear, «*Totius in verba*» (1985), 155.

baconiana de proceder⁸²⁸. Otra respuesta es que su referencia a un *experimentum crucis* es una alusión implícita al experimento de Pascal en Puy de Dôme: el experimento de Pascal había estado precedido por experimentos anteriores y teorización previa, pero de una manera que era irrelevante. ¿Por qué no ir simplemente al grano? (Boyle se habría horrorizado, porque siempre había insistido en que los registros de experimentos tenían que ser un registro fiel de lo que había ocurrido realmente, pero en un pasaje que se había eliminado de la versión publicada de su artículo, Newton expresaba impaciencia con las narraciones históricas extensas)^{cclxxxii}.

Podemos debatir cuándo realizó Newton sus experimentos con prismas, y podemos argumentar en qué orden los efectuó y cuándo formuló exactamente su primera teoría, pero no hay margen de debate acerca de *si* Newton realizó los experimentos que describe: los acontecimientos tuvieron ciertamente lugar, incluso si ahora es difícil de establecer el cuándo y el por qué. La historia convencional de la ciencia tiende a detenerse en este punto. Pero quiero centrarme en algo más: Newton dice en su primera publicación que presenta una nueva «doctrina»; el texto es encabezado por el editor, Oldenburg, «A Letter of Mr Isaac Newton... Containing His New Theory about Light and Colors»; este es el primer artículo en las *Philosophical Transactions* que tiene la palabra «teoría» en su título, y Newton solo adopta el término en la correspondencia

⁸²⁸ Lohne, «Isaac Newton: The Rise of a Scientist, 1661-1671» (1965), 138.

subsiguiente⁸²⁹. Un crítico, Ignatius Pardies, dijo del artículo de Newton que era «una hipótesis de lo más ingeniosa», «una hipótesis extraordinaria» que, si es verdad, trastocaría los cimientos de la óptica⁸³⁰. Newton, que replicó en latín, explicaba que había decidido no considerar esto como un insulto:

No considero incorrecto que el Rev. Padre llame hipótesis a mi teoría, en la medida en que no estaba familiarizado con ella. Pero mi intención era muy diferente, porque parece contener solo determinadas propiedades de la luz, que, descubiertas ahora, pienso que es fácil comprobar, y que si yo no las hubiera considerado ciertas, antes las hubiera rechazado como especulación vana y vacía, que reconocerla siquiera como una hipótesis⁸³¹.

Pardies respondió, insistiendo en que él no había empleado la palabra «como una falta de respeto»⁸³². Newton replicó que pensaba que su propio trabajo establecía las propiedades de la luz; después se podría, si se quisiera, establecer hipótesis acerca de la posible causa de dichas propiedades, pero las hipótesis han de estar subordinadas a las propiedades de las cosas, y las únicas útiles eran las que le llevaban a uno a diseñar nuevos experimentos. Seguía lamentándose que, al menos en este caso, no había dificultad en construir hipótesis que parecían ajustarse a los hechos: «Es cosa fácil acomodar hipótesis a esta doctrina. Porque si

⁸²⁹ Newton, *Papers and Letters* (1958), 47, 53, 93.

⁸³⁰ Newton, *Papers and Letters* (1958), 79.

⁸³¹ Newton, *Papers and Letters* (1958), 92.

⁸³² Newton, *Papers and Letters* (1958), 105.

alguien quiere defender la hipótesis cartesiana, solo tiene que decir que los glóbulos^{cclxxxiii} son desiguales, o que las presiones de algunos de los glóbulos son más fuertes que las de otros, y que es por esto por lo que se vuelven refractables de manera diferente, y adecuados para excitar la sensación de colores diferentes»⁸³³. (Sabemos por los cuadernos de notas de Newton que había empezado su trabajo sobre la refracción con la idea de que «los rayos que se mueven lentamente se refractan más que los céleres», precisamente el tipo de hipótesis que ahora rechazaba como carente de sentido).⁸³⁴ Terminaba su carta retornando al tema y diciendo que estaba seguro que Pardies no pretendía hacer daño, «pues ha surgido una práctica de llamar con el nombre de hipótesis cualquier cosa que se explica en filosofía», pero que creía que esta práctica podía resultar «perjudicial para la verdadera filosofía»⁸³⁵.

De hecho, Newton había empleado la palabra «hipótesis» en su publicación original, pero solo para referirse a una regla matemática general inexacta⁸³⁶; más relacionado con el tema es que Oldenburg había eliminado un pasaje en el que Newton insistía en que lo que proponía no era una hipótesis, porque había demostrado sus conclusiones más allá de cualquier duda^{cclxxxiv}. Así pues, Pardies había señalado una diferencia fundamental entre Newton y la Royal Society de la década de 1660 y primeros años de la de 1670: a

⁸³³ Newton, *Papers and Letters* (1958), 108.

⁸³⁴ Westfall, «The Development of Newton's Theory of Color» (1962), 350.

⁸³⁵ Newton, *Papers and Letters* (1958), 109.

⁸³⁶ Newton, *Papers and Letters* (1958), 49.

diferencia de Newton, la Royal Society propiciaba las expresiones tentativas de opinión. Mi primer objetivo en este capítulo, pues, es establecer por qué Newton se mostraba hostil ante la palabra «hipótesis» y sentía que su uso en el contexto de su propia obra equivalía a un insulto.

§ 2.

La moda de la palabra «hipótesis» era nueva; empezó con la publicación de los *Principia* de Descartes en 1644. Allí, en la parte tercera, Descartes pasó de las diversas «hipótesis» que se habían propuesto para explicar los movimientos de los planetas (las de Ptolomeo, Tycho y Copérnico), a discutir la tarea de explicar el movimiento y el cambio en la tierra. Tres párrafos cruciales (43-45) llevan las siguientes glosas marginales:

43: Si una causa permite que todos los fenómenos se deduzcan claramente de ella, es prácticamente imposible que no sea verdadera.

44: No obstante, quiero que las causas que estableceré aquí se consideren simplemente como hipótesis.

45: Incluso haré algunas suposiciones que aceptamos que son falsas.⁸³⁷

No es sorprendente que las formulaciones de Descartes provocaran confusión y controversia. Primero, parecía decir que una causa hipotética podía dar un conocimiento verdadero; después se echaba

⁸³⁷ Descartes, *Philosophical Writings* (1984), vol. 1, 255-256.

atrás y decía que sus argumentos eran *solo* hipotéticos; y finalmente reconocía que algunos de sus argumentos debían ser falsos. ¿Dónde dejaba esto a la nueva filosofía? ¿Producía conocimiento indiscutible que no podía ser refutado? ¿Conocimiento que podría o podría no ser cierto? ¿O conocimiento que era obviamente falso? A partir de 1644, el uso y la condición de las hipótesis se convirtieron en cuestiones centrales.

Con el fin de comprender qué es lo que ocurre aquí puede ayudar saber que «hipótesis» tenía tres significados técnicos distintos en la Edad Media⁸³⁸. En lógica, una hipótesis era algo que se encontraba bajo la tesis (*hypo* significa «debajo» en griego, como en «hipodérmica», una aguja que penetra bajo la piel). Así se podría decir que los seres humanos son mortales (la tesis); Sócrates es un ser humano; de modo que Sócrates es mortal. Aquí la afirmación de que Sócrates es un ser humano es una «hipótesis» que se sigue después de la tesis y genera la afirmación de que Sócrates es mortal; se podría decir en la forma hipotética «*Si* Sócrates es un ser humano, entonces es mortal». Este ejemplo es claro, pero considere el lector este otro: el apóstol Pedro tenía autoridad sobre la Iglesia; el papa es el sucesor de Pedro; por lo tanto el papa tiene autoridad sobre la Iglesia. Un católico consideraría que este es un silogismo válido, mientras que un protestante mantendría que la hipótesis es

⁸³⁸ La mayor discusión general es Koyré, «Concept and Experience in Newton's Scientific Thought» (1965).

falsa; el papa puede ser el sucesor de Pedro como obispo de Roma, pero no es el sucesor de Pedro en el sentido indicado.

En matemáticas, el término «hipótesis» se usaba también para indicar un supuesto o un postulado sobre el que se basaba un argumento; por ejemplo, en geometría se podía proponer argumentar a partir de la suposición de que dos ángulos eran iguales, aunque no se hubiera demostrado que lo fueran. Pero en matemáticas el término «hipótesis» tenía también un significado técnico muy diferente⁸³⁹. Una hipótesis era el modelo teórico que generaba predicciones de las localizaciones futuras de los planetas en los cielos. Diferentes hipótesis podían producir el mismo resultado: por ejemplo, un círculo excéntrico generará exactamente el mismo movimiento que un epiciclo sobre un deferente. Podría haber razones filosóficas para preferir la una a la otra, pero un astrónomo podía usar tranquilamente cualquiera de las dos para realizar cálculos. Así, lo que importaba de una hipótesis no era que fuera cierta, sino que produjera resultados exactos (y lo que consideramos que son hipótesis equivocadas eran muy capaces de generar resultados exactos). Henry Savile, cuando se le invitó a declarar una preferencia entre Ptolomeo y Copérnico, replicó: «No le importaba cuál era verdadero, mientras se salvaran las apariencias y el cálculo fuera exacto: puesto que de cada manera, ya fuera del antiguo de *Ptolomeo* o del nuevo de *Copérnico*, indiferentemente

⁸³⁹ Blake, Ducasse, y otros, *Theories of Scientific Method* (1960), 22-49; Gingerich, «From Copernicus to Kepler» (1973); Martens, *Kepler's Philosophy and the New Astronomy* (2000), 60-68; Granada, Mosley, y otros, *Christoph Rothmann's Discourse* (2014), 55-64.

servía a un astrónomo»⁸⁴⁰. En este sentido, de una explicación que salva los fenómenos, pero que puede ser cierta o no serlo, encontramos a Hobbes usando el término «hipótesis» (en latín) antes de 1640, y ello en el sentido en que Descartes emplea el término «hipótesis» en su discusión de la cosmología^{cclxxxv 841}.

Sin embargo, los que mantenían que el copernicanismo era literalmente cierto insistían que en este caso la verdad de la hipótesis era importante. Kepler distinguía entre una hipótesis geométrica (el modelo matemático usado para generar predicciones) y una hipótesis astronómica, la trayectoria real del planeta a través de los cielos. En tanto que hipótesis geométricas, los sistemas ptolemaico, ticomónico y copernicano eran equivalentes, pero en tanto que hipótesis astronómicas eran radicalmente diferentes. Es a partir de esta línea de pensamiento que, a lo que parece, obtenemos la primera referencia en inglés a una hipótesis como una teoría que necesita ser comprobada. En la edición de 1576 de la *Prognostication* de su padre, Thomas Digges propuso «una hipótesis o causa supuesta de la variación de la brújula, para ser pesada [es decir, establecida] matemáticamente»⁸⁴². La implicación es que si la hipótesis pasa la prueba será promovida a ser una declaración

⁸⁴⁰ Carpenter, *Geographie Delineated* (1635), 143.

⁸⁴¹ Malcolm, «Hobbes and Roberval» (2002), 167.

⁸⁴² Para los detalles de la hipótesis de Digges véase Johnston, «Theory, Theoric, Practice» (2004). Borough, *A Discours of the Variation of the Cumpas* (1581), Giiir/v, emplea la palabra «hipótesis» exactamente de la misma manera. Tanto Borough como Digges habían sido discípulos de John Dee, del que vale la pena hacer notar su uso algo excéntrico de «hipótesis» para significar, a lo que parece, una afirmación verdadera no sostenida por argumentación: Dee, *General and Rare Memorials* (1577), 41.

cierta. Este parece ser el uso más antiguo del término «hipótesis» en su sentido moderno convencional, en cualquier caso en inglés^{cclxxxvi}. Para el pequeño grupo que buscaba una pauta matemática en la variación de la brújula (lo que Robert Norman llamó «una teoría con hipótesis, y reglas para la conservación de la aparente irregularidad de la variación»⁸⁴³), adoptar el lenguaje astronómico de «hipótesis» y darle un nuevo giro experimental no supuso más que un paso sencillo⁸⁴⁴. Pero este giro señala efectivamente el nacimiento de una nueva filosofía de la ciencia: un principio científico es ahora una hipótesis que ha sobrevivido la prueba de la experiencia. Así, Galileo en su *Discorso del flusso e reflusso del mare* («Discurso sobre el flujo y el reflujo del mar») de 1616 presenta su teoría de las mareas como una hipótesis que necesita ser confirmada o refutada por un programa sistemático de observaciones⁸⁴⁵.

Boyle usó la palabra «hipótesis» en este sentido una y otra vez, e incluso escribió un artículo breve (que nunca publicó) sobre «los requisitos de una buena hipótesis». Boyle pensaba que una hipótesis es un paso útil hacia el establecimiento de la verdad: una buena hipótesis conduce a nuevas predicciones que pueden ser puestas a prueba mediante experimentos. En el mejor de los casos, una hipótesis es como la clave que nos permite descifrar una comunicación cifrada: ahora todo tiene sentido, y es evidente que

⁸⁴³ Norman, *The New Attractive* (1581), Aiiirv.

⁸⁴⁴ Puede encontrarse el mismo paso en Scaliger, *Opuscula varia ante hac non edita* (1610), 424-425 = Hues, *Tractatus de globis* (1617), 111 = Hues, *A Learned Treatise of Globes* (1659), 142.

⁸⁴⁵ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 5, 395. Véase también Galilei, *Le opere* (1890), vol. 7, 485.

esta, y solo esta, es la solución correcta (exactamente la opinión que Descartes expresó en § 43 ^{ccclxxxvii}). Locke escribió una sección del *Essay* sobre el «uso correcto de las hipótesis». Reconocía que las hipótesis pueden conducirnos a nuevos descubrimientos, pero insistía en que la mayoría («casi he dicho que todas») de hipótesis en la filosofía natural no eran más que conjeturas muy dudosas⁸⁴⁶.

William Wotton, en cambio, como Newton, empleaba generalmente la palabra para referirse a argumentos que son falsos o insatisfactorios. Para Wotton, decir que un argumento es una hipótesis es rechazarlo, porque si realmente explicara todos los fenómenos ya no sería una hipótesis. Y encontramos un tercer uso, como en el § 45 de Descartes: el uso de «hipótesis como un argumento que se reconoce que es falso pero que de alguna manera se considera que es útil. Osiander, en su introducción anónima a *De revolutionibus* de Copérnico, insistía que este debía ser leído únicamente como si presentara una hipótesis, no describiendo cómo es realmente el mundo. Bellarmine le dijo a Galileo que podía hablar del copernicanismo si lo hacía hipotéticamente, pues el copernicanismo era, en lo que a Bellarmine concernía, falso⁸⁴⁷. Descartes, siguiendo en esta tradición, utilizó el término en § 45, para referirse a principios que debían reconocerse como falsos, por

⁸⁴⁶ Locke, *Essay*, iv, 12, §13. Sobre Locke acerca de las hipótesis, Laudan, «Nature and Sources» (1967); Osler, «John Locke» (1970) (aunque, extrañamente, Osler no había leído a Laudan); Farr, «The Way of Hypotheses» (1987). Para una amplia discusión de argumentos hipotéticos en este período, Roux, «Le scepticisme et les hypothèses de la physique» (1998).

⁸⁴⁷ Finocchiaro, *The Galileo Affair: A Documentary History* (1989), 67, y referencias en el índice, s.v. «hipótesis»; también, por ejemplo, Dini a Galileo, 2 de mayo de 1615: Galilei, *Le opere* (1890), vol. 12: n.º 1115.

razones teológicas, pero que son útiles si se pretende que pudieran ser ciertos^{cclxxxviii} 848.

Todavía hay otro uso del término «hipótesis» que hemos de indicar. En *On magnetism* («Sobre el magnetismo», 1600), de Gilbert, la palabra se usa de una manera puramente convencional en el cuerpo principal del texto, para referirse, por ejemplo, a la hipótesis copernicana. Pero en el prefacio ocurre algo extraño:

Nada se había incorporado a estos libros que no hubiera sido explorado y realizado y repetido muchas veces entre nosotros. Muchas cosas en nuestros razonamientos e hipótesis podrán parecer a primera vista, por ventura, bastante duras, cuando sean extrañas a la opinión general común; pero no dudo que después obtendrán autoridad a partir de las propias demostraciones [es decir, experimentos]... Apenas citamos autores griegos antiguos en nuestro apoyo, porque... nuestra doctrina magnética está en desacuerdo con la mayoría de sus principios y dogmas... Nuestra época ha detectado y sacado a la luz muchísimas cosas que ellos, si vivieran ahora, habrían aceptado de buen grado. Por ello tampoco nosotros hemos dudado en exponer en hipótesis convincentes

⁸⁴⁸ Descartes, *Principia philosophiae* (1644), especially vol. 3, 44, 45, 47; Descartes, *Philosophical Writings* (1984), vol. 1, 255-258, 267; Martinet, «Science et hypothèses chez Descartes» (1974); Clarke, *Occult Powers and Hypotheses* (1989), 131-163. Para el impacto del juicio de Galileo en Descartes, Finocchiaro, *Retrying Galileo, 1633-1992* (2007), 43-51.

*[probabilibus] estas cosas que hemos descubierto mediante una larga experiencia*⁸⁴⁹.

Aquí Gilbert emplea la palabra «hipótesis» como ahora usaríamos la palabra «teoría»; suponemos que una hipótesis espera confirmación o refutación, pero las hipótesis de Gilbert derivan de una larga secuencia de experimentos y son confirmadas por ellos. Son nuevas adiciones para asegurar el conocimiento; son, en nuestros términos, teorías. Encontramos el mismo uso en Galileo. En su libro sobre las manchas solares (1613) se refiere a su afirmación de que la luna es opaca y montañosa como una verdadera hipótesis, confirmada por la experiencia sensorial⁸⁵⁰.

Así, el significado moderno convencional de «hipótesis» como una explicación que a su debido tiempo puede ser comprobada y, si se confirma, será elevada a la condición de una teoría, no se estableció de manera firme hasta la década de 1660⁸⁵¹. En 1660 Robert Boyle describió un experimento propuesto por Christopher Wren que «descubriría la verdad o el error de la *hipótesis cartesiana* referida al flujo y reflujo del mar»⁸⁵²; la *Experimental Philosophy* de 1664 de Powers emplea con frecuencia el término; posteriormente, en 1665, Hooke empleó como prefacio a su *Micrographia* una carta

⁸⁴⁹ Gilbert, *De magnete* (1600), *iii[r]; traducción modificada de Gilbert, *On the Magnet* (1900), iii-vi.

⁸⁵⁰ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 5, 225.

⁸⁵¹ Wilkins, *A Discourse* (1640), 19, describe el copernicanismo como una hipótesis confirmada por posteriores «invenciones» (es decir, descubrimientos).

⁸⁵² Boyle, *New Experiments Physico-mechanical* (1660), 133, 382.

dedicatoria a la Royal Society: «Las reglas que VOS habéis prescrito en VUESTRO progreso filosófico parecen las mejores que se hayan practicado nunca. Y en particular la de evitar *dogmatizar*, y la *adopción* de cualquier *hipótesis* que no esté lo suficientemente basada y confirmada mediante *experimentos*». A partir de este punto, «hipótesis», con el significado de una conjetura o pregunta (para emplear los términos de Hooke) que podía ser confirmada o refutada mediante observación o experimento, resultó fundamental para la terminología de la nueva ciencia. En realidad, puede decirse que «hipótesis» solo adquirió su sentido moderno después de la fundación de la Royal Society.

Estos diversos significados de «hipótesis» sirven para explicar su distribución peculiar en los textos del siglo XVII. La mayoría de matemáticos (Galileo, Pascal, Descartes, Newton) estaban familiarizados con el empleo del término en la astronomía técnica, y procuraban evitarlo en otros contextos. Pero una vez se hizo común referirse al copernicanismo como una hipótesis, entonces otras hipótesis (magnética, atómica, mecánica) se multiplicaron. Estas eran las grandes teorías de la nueva ciencia; dentro de ellas podían encajarse claramente pequeñas hipótesis, como la explicación de Digges de la inclinación de la aguja de la brújula, o la explicación de Boyle del muelle de aire.

Pero el término no dejaba de ser polémico, en particular porque Descartes había reconocido que estas hipótesis podrían ser falsas (de hecho, en algunos casos tenían que serlo). Newton escribió, en la segunda edición de los *Principia* (1713) *hypotheses non fingo*, y

sabemos que él mismo hubiera traducido esto como «No finjo [*feign*] hipótesis»: aquí, *tingo* y *feign* significan «imagino», que es el significado básico de la palabra «finjo» en el siglo XVII^{cclxxxix} 853. Así, tanto Copérnico como Francis Bacon escribieron de los astrónomos que «fingían» excéntricas y epiciclos: querían decir que estas son entidades imaginarias^{ccxc} 854. De modo que lo que Newton quería decir es «No invento entidades imaginarias con el fin de explicar propiedades naturales»^{ccxci}. En el *Discours de la Méthode* (1637), Descartes había rechazado la filosofía aristotélica por «especulativa»; su propia filosofía llegaría a la verdad al proponer explicaciones (hipótesis, diríamos nosotros) que después podrían comprobarse experimentalmente⁸⁵⁵. Sin embargo, en los *Principia philosophiae* (1644) se retractó de esta posición. Reconocía que, a menudo, sería imposible elegir entre explicaciones en competencia porque no se podía ver lo que ocurría realmente dentro del invisible mundo de las partículas de las que estaba construido nuestro mundo visible. De la misma manera que un relojero que contemplara un reloj desde el exterior podría imaginar diversas maneras en las que la maquinaria podría estar configurada, así el filósofo ha de reconocer que podría haber varias explicaciones igualmente buenas de un proceso

⁸⁵³ Cohen, «The First English Version of Newton's *Hypotheses non fingo*» (1962); Koyré, «Concept and Experience in Newton's Scientific Thought» (1965); Cohen, «Hypotheses in Newton's Philosophy» (1966); Sabra, *Theories of Light* (1967), 231-250; Hanson, «*Hypotheses fingo*» (1970); McMullin, «The Impact of Newton's *Principia* on the Philosophy of Science» (2001); Anstey, «The Methodological Origins of Newton's Queries» (2004); Anstey, «Experimental versus Speculative Natural Philosophy» (2005).

⁸⁵⁴ Sobre la astronomía de Bacon, Jalobeanu, «A Natural History of the Heavens» (2015).

⁸⁵⁵ Descartes, *A Discourse* (1649), 100, 103-105.

natural; no siempre era posible preparar una prueba para elegir entre ellas⁸⁵⁶. Fue este proceso de inventar explicaciones que podían o no ser ciertas lo que Newton rechazaba cuando insistía en que *hypotheses non fingo*. (Que el término «hipótesis» estuviera asociado con su viejo enemigo, Hooke, no habría sido irrelevante). En lo que concernía a Newton, las únicas hipótesis que merecían la pena eran las que podían ser puestas a prueba: y si sobrevivían a las pruebas dejaban de ser hipótesis. El uso de «hipótesis» por parte de Gilbert y Galileo para referirse no a una afirmación que *podía* ser cierta, sino a una que podíamos estar seguros de que era cierta, no habría tenido sentido para Newton, de la misma manera que nos parece peculiar a nosotros.

§ 3.

El experimento de Puy de Dôme de Pascal explicaba la altura de mercurio en un barómetro al mostrar que estaba directamente relacionado con el peso del aire. Hacía visible una relación causal: el peso del aire y el peso del mercurio se equilibraban entre sí. Desde el punto de vista de un filósofo convencional del siglo XVII, esta era una explicación de un tipo peculiar. En lo que respectaba a Aristóteles, como vimos en el capítulo 3, las explicaciones causales tenían cuatro componentes: la causa formal, la causa final, la causa material y la causa eficiente. En la explicación de Pascal de por qué el mercurio no desciende en el tubo torricelliano, las causas formal

⁸⁵⁶ Laudan, «The Clock Metaphor and Probabilism» (1966).

y material están tan atenuadas que no resultan interesantes, y la causa final ha desaparecido por completo. Se puede sustituir el mercurio por agua o vino, de modo que la sustancia exacta es irrelevante; cualquier líquido vale. Se puede sustituir el tubo de plomo por vidrio, de modo que de nuevo la causa material es irrelevante; cualquier tubo sellado por un extremo vale. El mercurio no tiene tendencia natural a mantenerse en una columna vertical, de manera que no hay una causa final que actúe aquí. Solo hay una causa eficiente: el equilibrio de pesos; y una estructura o forma que haga posible el equilibrio: un tubo sellado volcado sobre un baño de mercurio. Para un aristotélico, solo hay una disciplina que aísle las causas eficientes y las estructuras e ignore todas las demás, y esta disciplina es la mecánica. La explicación de Pascal es una explicación mecánica, y su singularidad es que extiende el ámbito de las explicaciones mecánicas desde el mundo artificial de palancas y poleas al mundo natural de gases y líquidos. Además, como cualquier explicación mecánica, la de Pascal puede expresarse en forma matemática, ya sea como una medida (kilogramos por centímetro cuadrado; o, lo que supone lo mismo, la altura de la columna de mercurio) o como una proporción (puesto que el barómetro es una balanza, la proporción de los dos pesos es de 1:1, pero llevar el barómetro a la cima del Puy de Dôme demuestra que y metros de aire igualan en peso a x cm de mercurio). Esta es la razón por la que la contribución de Boyle al debate del vacío se titulaba *New Experiments Physico-mechanical*: ahora se usa la mecánica para explicar la física.

El experimento de Puy de Dôme de Pascal nos parece muy claro, pero ello se debe a que estamos acostumbrados a la física moderna. Para los aristotélicos, no parecía ofrecer ningún tipo de explicación de lo que estaba ocurriendo, del mismo modo que a nosotros nos resulta confuso desde el punto de vista conceptual decir (como hacían los aristotélicos) que los objetos inanimados tienen objetivos o propósitos. La explicación de Pascal nos parece correcta; para un aristotélico parecía totalmente equivocada, que es la razón por la que los aristotélicos (y la mayoría de intelectuales en la época de Pascal eran todavía aristotélicos) intentaban sustituir las explicaciones en términos de que la naturaleza detesta un vacío y con ello intentaban evitar que existiera uno. Es difícil reconstruir en nuestra mente un universo mental en el que la explicación de Pascal parezca evidentemente insatisfactoria y parezca evidentemente preferible una explicación en términos de los propósitos de la naturaleza.

El problema para los aristotélicos era que no podían fabricar una explicación que predijera con éxito el resultado del experimento de Puy de Dôme. ¿Por qué razón la naturaleza habría de detestar un vacío menos en la cima de una montaña que en su base? Pascal podía dar respuesta a esta pregunta, y ellos no. La explicación de Pascal se podía comprobar y se podía demostrar que funcionaba. Pero para reconocerla como una buena explicación los filósofos tenían que cambiar su definición de lo que constituía una explicación; tenían que aprender a conformarse con el tipo de explicaciones que los matemáticos estaban acostumbrados a

proporcionar. Incluso las personas que pensaban que la explicación de Pascal era mala podían ver que este podía hacer predicciones con éxito (que la altura de una columna de agua en un tubo torricelliano tendría catorce veces la altura de una columna de mercurio, por ejemplo), y ellos no podían.

Tomemos otro ejemplo, uno que le resultaba familiar a Pascal: la «ley» (tal como la llamamos) de la caída de Galileo. Galileo demostró que (en ausencia de la resistencia del aire) todos los objetos que caen aceleran a la misma tasa, y que por lo tanto se puede predecir la distancia recorrida en un tiempo dado por un cuerpo que cae, y su velocidad terminal; de hecho, estos se hallan relacionados de tal manera que las unidades de medida son irrelevantes. La distancia recorrida es proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido, ya se mida en pies y segundos o kilómetros y avemarías (es un accidente que tengamos solo un sistema universal y estándar para medir el tiempo y varios sistemas para medir distancias, pero la gente moderna temprana utilizaba medidas de duración informales, como el Ave María). La ley de la caída de Galileo *describe* en términos matemáticos lo que ocurre cuando los cuerpos caen bajo condiciones ideales; pero no *explica* nada. Ni siquiera ofrece una explicación mecánica (como hacen los experimentos de vacío de Pascal). Nos dice qué medir y nos permite predecir, pero no da ninguna respuesta a la pregunta: «¿Por qué?».

Si la ciencia explica cosas, esto no es ciencia. Lo que lo hace ciencia no es que proporcione una explicación, sino que proporcione predicciones fiables en la forma de un modelo matemático. Así,

aceptar la ley de la caída de Galileo como ciencia buena implica un paso más radical todavía alejándose de una concepción aristotélica de la ciencia que aceptar la explicación de Pascal de por qué el mercurio se mantiene alto en el barómetro. El lector puede pensar que ello se debe simplemente a que la ley de Galileo es incompleta: la teoría de la gravitación de Newton proporciona una explicación tanto de la ley de la caída de Galileo como de las leyes de Kepler del movimiento planetario. Esto es parcialmente cierto, pero Newton no tiene en absoluto ninguna explicación de lo que es la gravedad o de cómo funciona; como hemos visto, esto lo admite. La teoría de la gravitación simplemente hace posibles predicciones fiables en un amplio campo. El problema de la explicación se ha movido, no se ha resuelto. En consecuencia, la respuesta de Huygens a la teoría de Newton de la gravitación fue directa: «No había pensado... en esta disminución regulada de la gravedad, a saber, que era una proporción inversa a los cuadrados de las distancias desde el centro; que es una nueva y notable propiedad de la gravedad, cuya razón bien vale la pena buscar»⁸⁵⁷. Huygens todavía buscaba explicaciones; Newton había dejado el mundo de la explicación y había entrado en un nuevo mundo, el mundo de la teoría.

Las explicaciones científicas no son completas (al menos no hasta ahora): se detienen, a menudo abruptamente. Una ley científica marca el punto más allá del cual no existen explicaciones, aunque a veces aparecen más tarde explicaciones ulteriores. La ciencia

⁸⁵⁷ Sabra, *Theories of Light* (1967), 168-169, traducido de Huygens, *Oeuvres complètes*, 21:472.

aristotélica no era así: los filósofos aristotélicos no tenían la sensación de que su saber era incompleto en aspectos importantes, y así tenían una medida diferente del éxito que la que tenían un Galileo o un Pascal. Para ellos, la prueba de que su sistema de conocimiento tenía éxito era que no había nada que no pudiera explicar, aunque a menudo las explicaciones ahora nos parecen circulares: Molière en *Le malade imaginaire* (1673) se burlaba de la idea de que se pudiera explicar por qué el opio adormece a las personas diciendo que era debido a que «hay en él un poder dormitivo cuya naturaleza es hacer dormir a los sentidos». Estas explicaciones parecen estúpidas después de Pascal, pero no antes. Para un Galileo, o un Pascal, o un Newton lo que importaba era ser capaz de hacer buenas predicciones allí donde antes dichas predicciones habían sido imposibles. Pero esto implicaba reconocer los límites de su conocimiento. Los filósofos aristotélicos miraban hacia atrás y suponían que Aristóteles había conocido todo lo que era necesario conocer; los nuevos científicos miraban hacia delante, con el fin de expandir el campo limitado de temas en los que podían hacer predicciones satisfactorias. Una razón por la que la nueva ciencia hizo progresos y la vieja filosofía no, es que aquella era consciente de que era imperfecta e incompleta.

§ 4.

¿Qué es la ciencia? James Bryant Conant, que tiene méritos para ser el fundador de la moderna historia de la ciencia (fue el mentor de Kuhn) la definió como «una serie de conceptos o programas

conceptuales (teorías) que surgen del experimento o la observación y que conducen a nuevos experimentos y observaciones»⁸⁵⁸. Así, la ciencia es un proceso interactivo entre la *teoría*, por un lado, y la *observación* (nuestra vieja amiga «experiencia»), por el otro. En astronomía, este proceso se pone realmente en marcha con Tycho Brahe; en física, con Pascal. Podemos seguirle la pista claramente a través de los cuadernos de notas de Newton, aunque lo comprime en su primera publicación. Parecería evidente que esta extraordinaria transformación en la naturaleza del conocimiento debería reflejarse en el lenguaje de la ciencia: y así es, aunque el lenguaje en el que hablamos de ciencia se ha convertido de manera tan completa en una segunda naturaleza para nosotros que un aspecto clave de esta adaptación lingüística se ha hecho casi completamente invisible⁸⁵⁹. La adaptación misma es fácil de identificar, una vez nos hemos dado cuenta de que tiene que estar ahí, y, una vez identificada, su importancia es evidente.

Una manera útil de empezar es buscar la palabra *théorie* en una serie de diccionarios franceses⁸⁶⁰. No es hasta finales del siglo XIX cuando encontramos (en el gran diccionario Littré) el significado moderno evidente, con ejemplos de las teorías del calor y de la

⁸⁵⁸ Conant, *Robert Boyle's Experiments in Pneumatics* (1950), 4.

⁸⁵⁹ Sobre «teoría» antes de 1600, véase Westman, *The Copernican Question* (2011), 38-43; sobre hipótesis, Brading, «Development of the Concept of Hypothesis» (1999); y Ducheyne, «The Status of Theory and Hypotheses» (2013). Ducheyne (188) piensa que Boyle y Hooke usan «hipótesis» y «teoría» de manera intercambiable. No es así: Hooke, por ejemplo, emplea repetidamente la frase «teoría verdadera»; nunca escribe acerca de una «hipótesis verdadera». Véase también Anstey, «Experimental versus Speculative Natural Philosophy» (2005).

⁸⁶⁰ Convenientemente disponible en:

electricidad. Previamente, «teoría» se define como conocimiento especulativo en lugar de práctico (el origen etimológico de la palabra se halla en un término griego para mirar u observar), con un uso adicional concreto: *la théorie des planètes*, los modelos matemáticos para el movimiento de los planetas. Si buscamos la palabra *theory/théorie/teoria* en Galileo, Pascal, Descartes, Hobbes, Arnauld o Locke, no encontramos nada^{ccxcii}, mientras que en Hume encontramos la palabra usada frecuentemente en el sentido moderno, y cada vez más a medida que pasa el tiempo.

En inglés, en el siglo XVI, la palabra *theory* (o *theoric*; las palabras se emplean de manera intercambiable) se usa como cabría esperar a partir de nuestra inspección de los diccionarios franceses: por un lado para referirse a conocimiento especulativo o abstracto, por lo general en oposición a la práctica (así, los músicos aprenden la teoría y la práctica de la música, y los artilleros aprenden la teoría y la práctica de la artillería), y por el otro para referirse a la teoría de los planetas. Así, las referencias a las teorías de Ptolomeo y Copérnico son referencias a sus modelos matemáticos del cosmos. El primer ejemplo que puedo encontrar de la palabra usada en el sentido moderno, sin una referencia implícita a un modelo matemático, es en la *Sylva sylvarum* (1627) de Bacon, cuando critica la explicación que Galileo hace de las mareas:

Galileo lo indicó bien: que si una *depresión abierta*, en la que hay *agua*, se mueve más rápidamente de lo que el *agua* puede seguir, el *agua* se amontonaría hacia el *extremo posterior*, donde empezó el *movimiento*. Que es lo que él supuso (al considerar con confianza el

movimiento de la *Tierra*) que era la *causa* del *flujo* y *reflujo* del *océano*, porque la *Tierra* sobrepasaba el *agua*. Dicha *teoría*, aunque es falsa, pero el primer *experimento* es cierto^{ccxciii} 861.

Es presumiblemente a partir de Bacon cuando este nuevo significado del término se extendió^{ccxciv}. Lo encontramos en 1649 y 1650 en traducciones y en comentarios sobre Van Helmont, y en 1653 en una traducción y en un comentario de Descartes: en cada caso, no hay equivalente en el original⁸⁶². Boyle anuncia en 1660 que ofrecerá nuevos experimentos en relación al vacío, pero no nuevas teorías^{ccxcv}; en 1662 anuncia orgulloso una nueva «teoría» (el término es suyo), que ahora llamamos ley de Boyle⁸⁶³. La primera aparición de la palabra en su nuevo sentido (es decir, no como un contraste entre teoría y práctica, no como un modelo matemático) en las *Philosophical Transactions of the Royal Society* aparece en la introducción editorial de Oldenburg a una explicación de las mareas por John Wallis (Wallis escribe de una hipótesis, un ensayo y una conjetura, pero no de una teoría; en el índice del volumen, es «una nueva teoría»); la segunda es en «Tryals proposed to Dr. Lower» en relación a las transfusiones de sangre en animales, de Robert Boyle⁸⁶⁴. En la *History* (1667) de Sprat, el término adopta toda la gama completa y moderna de significados: ahora se dice que incluso

⁸⁶¹ Bacon, *Sylva sylvarum* (1627), 204-205 = Bacon, *Works* (1857), 2:596.

⁸⁶² Helmont y Charleton, *A Ternary of Paradoxes* (1649); Helmont, *Deliramenta catarrhi* (1650); y Descartes, *Excellent Compendium of Musick* (1653).

⁸⁶³ Boyle, *A Defence* (1662), 63-68 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 3, 61-65.

⁸⁶⁴ Wallis, «An Essay of Dr John Wallis» (1666); Boyle, «Tryals Proposed by Mr Boyle to Dr Lower» (1667) = Boyle, *The Works* (1999), vol. 5, 554-556.

los escolásticos habían tenido teorías, y la producción de nuevas teorías es ahora una parte tan importante de la nueva ciencia como la realización de experimentos⁸⁶⁵. La carta de Newton a la Royal Society de 1672 recibió de Oldenburg, como hemos visto, el título «A Letter of Mr Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; Containing His New Theory about Light and Colors»^{ccxcvi}, y la frase «nueva teoría» se encuentra en los títulos de la correspondencia resultante: su *Opticks* (1704) declara ser un estudio de «la teoría de la luz»^{ccxcvii} ⁸⁶⁶. La óptica era tradicionalmente una rama de las matemáticas, y la ley de Boyle es una relación matemática, pero Hooke escribe no solo de «la verdadera teoría de la *elasticidad* o *ligereza*», sino también de su propia teoría de la llama, en la que no hay matemáticas implicadas⁸⁶⁷. El término usado en este nuevo sentido aparece por primera vez en el título de un libro de Thomas Burnet, *Telluris theoria sacra* («Teoría sagrada de la Tierra», 1681), traducido como *The Theory of the Earth* («Teoría de la Tierra») en 1684, y seguido en 1696 por *A New Theory of the Earth* («Una nueva teoría de la Tierra»), de William Whiston. En francés el nuevo uso parece que fue adoptado primero por los matemáticos (Johann Bernoulli, *Nouvelle théorie du centre d'oscillation* («Nueva teoría del centro de oscilación», 1714), pero se extendió rápidamente de manera más

⁸⁶⁵ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 18, 155.

⁸⁶⁶ Newton, «A Letter of Mr Isaac Newton» (1670); y Newton, *Opticks* (1704), advertencia, libro 1, 12, libro 2, 1, 78, 102, 111.

⁸⁶⁷ Hooke, *Lectiones Cutlerianæ* (1679), 31; y «Lampas», 9.

general: Voltaire, en los *Éléments de la philosophie de Newton* (*Los elementos de la filosofía de Newton*) (1738), discute «la théorie de la lumière». George Berkeley es traducido al italiano en 1732: *Saggio d'una nuova teoria sopra la visione* («Ensayo de una nueva teoría sobre la visión»).

El nuevo sentido de la palabra «teoría» es fundamental para una comprensión de lo que la nueva ciencia proclamaba que hacía. Tradicionalmente, la filosofía se había ocupado de la *scientia*, el verdadero conocimiento, pero los matemáticos que practicaban astronomía se habían contentado con modelos matemáticos (hipótesis, teorías) que podían o no corresponder a la realidad pero que se ajustaban más o menos exactamente a los fenómenos. Las teorías matemáticas no eran explicaciones, eran sistemas conceptuales para hacer predicciones. La nueva teoría que Boyle anunció en relación a la presión de los gases (1662), o la nueva teoría de la luz de Newton (1672) no eran explicaciones: no daban respuesta a la pregunta *por qué*; eran conceptos que permitían que se predijera el resultado de procedimientos experimentales y que se identificaran procesos en el mundo natural. Además, el término «teoría» conllevaba una ambigüedad útil: podía referirse a una verdad establecida (que es como Newton usaba el nombre) o a una hipótesis viable, con lo que se maquillaban las diferencias entre los que querían declarar la verdad indiscutible y los que querían hacer declaraciones de conocimiento provisional.

Al adoptar el término «teoría» los científicos se liberaban así de la preocupación de los filósofos hacia la verdad, en la medida que

implicaba conocimiento de causas y de lo que los filósofos aristotélicos denominaban sustancias, o formas. Locke y Newton insistían en que podíamos no tener conocimiento de la sustancia (supongamos que el mundo está constituido por átomos: no podemos tener idea de su tamaño o forma); solo podemos tener idea de propiedades (el roble es duro, la balsa es blanda, etc.). Newton sustituía el conocimiento de la sustancia con modelos conceptuales que funcionaban de manera fiable y precisa. Los filósofos de la ciencia hasta el día de hoy han estado preocupados por lo que se denomina «realismo», la cuestión de si la ciencia es verdadera; de lo que no se han dado cuenta es de que la fundación de la ciencia moderna estuvo acompañada de una huida de la antigua idea de conocimiento verdadero (*scientia*) y de su sustitución por el concepto de «teoría»^{ccxcviii}. La adopción del término señala la ruptura entre las tradiciones clásicas de la filosofía y las matemáticas, que se ocupaban de la deducción y del verdadero conocimiento de las sustancias, y la ciencia moderna, que se ocupa de teorías viables. El *Essay* de Locke (1690) simboliza este cambio en su título. No es un libro sobre *conocimiento* (que ahora se piensa que se halla en gran parte más allá de la capacidad humana), sino que es un *Essay concerning Humane Understanding (Ensayo sobre el entendimiento humano)*: incluso la palabra *essay* implica que la comprensión es necesariamente provisional. En un pasaje crucial en la epístola al lector, Locke escribe del conocimiento:

Que puesto que es la más elevada facultad del alma, así es empleada con un deleite mayor y más constante que cualesquiera

otras. Sus búsquedas de la verdad son una especie de cetrería y de caza, en las que la persecución misma constituye una gran parte del placer. A cada paso que da la mente en su progreso hacia el conocimiento, hace algún^{ccxcix} descubrimiento, que no solo es nuevo, sino el mejor, al menos durante un tiempo.

Así, el conocimiento, en la medida en que lo tengamos, no es absoluto sino progresivo, no definitivo sino provisional. Hacemos progresos pero, a diferencia de los que practican la cetrería o la caza, quizá nunca alcancemos nuestra presa.

De ahí se sigue que incluso Galileo no fue nunca más que un científico renuente, porque siempre buscaba la certeza de la deducción; más bien, la ciencia moderna empieza con la redescipción que Bacon hace de la demostración de Galileo del movimiento de la Tierra como una «teoría». En la década de 1660, la terminología convencional en Inglaterra para discutir sobre ciencia incluía «hechos» y «evidencia» (tomadas del derecho; discutiremos «evidencia» en el capítulo siguiente) e «hipótesis» y «teorías» (de la astronomía). Se había inventado la ciencia. El primer libro que contiene estas cuatro palabras, todas usadas en su sentido moderno, junto con «experimento», empleado también en su sentido moderno, fue, a lo que parece, la paráfrasis de Walter Charleton de Van Helmont, el *Ternary of Paradoxes* («Ternario de paradojas») de 1649. Charleton fue un innovador deliberado y prudente en el uso lingüístico: el *Oxford English Dictionary* lo cita 151 veces como

primera entrada de una definición (es el primero que usa «proyectil», «patólogo» y, ¡ay!, erróneamente, «erótico»⁸⁶⁸). Pero ninguno de los usos que nos importan de manera inmediata era nuevo para Charleton, y de hecho insistía en los notables méritos del inglés, sobre

*la venerable majestad de nuestra lengua materna; a partir de la cual, estoy dispuesto a afirmar, se puede tejer un vestido hermoso y ajustado para que las más pulcras concepciones de la mente puedan aparecer en público, más que ninguna otra del mundo. En especial, desde que su perfeccionamiento o refinamiento, por el talento y el sudor de estos dos genios heroicos, el señor de St. Alban [Francis Bacon] y el Dr. Browne, que ahora crece con fuerza, de cuyos escritos incomparables puede seleccionarse un volumen tan lleno de expresiones importantes, como si hubiera sido rectamente sondeado por la máxima extensión del pensamiento más sublime, y que bien puede servir para que se tambalee aquel axioma parcial de algunos estudiosos, que dice que el latín es el idioma más sinfónico y concordante del alma racional*⁸⁶⁹.

⁸⁶⁸ «Erotick» se encuentra en Powell, *The Passionate Poet* (1601), y en Ferrand, *Erotomania, or, A Treatise Discoursing of the Essence, Causes, Symptomes, Prognosticks and Cure of Love or Erotic Melancholy* (1645).

⁸⁶⁹ Helmont y Charleton, *A Ternary of Paradoxes* (1649), c1rv.

El lenguaje de Charleton no tuvo la aprobación de sus contemporáneos, y empieza su siguiente publicación, *Deliramenta catarrhi* (1650), con una larga y amarga diatriba contra sus detractores de cráneo grueso cuyos apetitos depravados los han convertido, declara, «en incapaces de digerir nada, como no sean *ensaladas* crudas recolectadas en los *Campos Elíseos de los poetas*, y blandas *novelas*, aderezadas con los afeminados *extractos* del *escenario*, y sazonadas con algunos nuevos modismos *franceses-ingleses*» en lugar de su propio idiolecto masculino. Pero Charleton fue uno de los miembros más activos de la Royal Society en sus primeros años, y su idiolecto, amansado y domesticado por Boyle y Sprat, se ha convertido en el lenguaje de la ciencia. Allí donde la vieja filosofía había declarado certezas indiscutibles, la nueva se modelaba a partir de la astronomía y el derecho, disciplinas en las que ya hacía tiempo que se habían reunido los hechos y la evidencia con el fin de generar hipótesis y teorías fiables, incluso incontrovertibles.

Capítulo 11

Evidencia y juicio

Sacudí la cabeza. «Muchos hombres han sido colgados a partir de evidencia mucho más escasa», señalé.

«Así ha sido. Y muchos hombres han sido colgados injustamente».

Arthur Conan Doyle, «El misterio del valle de Boscombe» (1891), Las aventuras de Sherlock Holmes

§ 1.

Repitamos la pregunta: ¿qué es la ciencia? La respuesta: conocimiento de procesos naturales basado en la evidencia. En cuyo caso no puede haber ciencia sin un concepto de evidencia. Pero si empezamos buscando la palabra «evidencia» usada por los científicos del siglo XVII descubrimos algo peculiar: tienen la palabra, pero apenas la usan. Bacon, por ejemplo, que está desde luego familiarizado con el uso del término «evidencia» en un contexto legal, nunca la emplea cuando discute acerca de la filosofía natural⁸⁷⁰. O bien tienen un concepto de evidencia distinto al nuestro, o bien hay algún obstáculo para su uso del término⁸⁷¹.

⁸⁷⁰ Serjeantson, «Testimony and Proof» (1999), 211. Sobre la historia del término «evidence» en inglés, Wierzbicka, *Experience, Evidence and Sense* (2010), 94-148.

⁸⁷¹ Así, Buchwald y Feingold, *Newton and the Origin of Civilization* (2013), proporcionan un estudio admirable del uso por parte de Newton y de su interpretación de evidencia, pero ninguna explicación de por qué utiliza rara vez este nombre.

Hemos de empezar reconociendo que nosotros empleamos la palabra «evidencia» en cuatro sentidos diferentes. Primero, «evidencia» puede referirse a algo que es evidente. Es evidente que $2 + 2 = 4$. Este es el significado original de «evidencia», que procede directamente del latín *evidentia*. Puesto que etimológicamente este es el significado vulgar de la palabra, el *Oxford English Dictionary* lo lista primero, con dos ejemplos de su uso original en 1665, a pesar de que tiene ejemplos del uso de la palabra en otros sentidos que se remontan a 1300 (en su primer significado en inglés, «una evidencia» es un ejemplo a imitar). Uno de los primeros ejemplos que se ofrecen es de Robert Boyle: «Hay determinadas verdades que tienen en ellas tanta luz o evidencia nativa que... no puede ocultarse»⁸⁷². Aquí la comparación entre lo que es obvio a la mente y lo que es obvio a la vista impregna el uso de «evidencia» en este sentido. Un pasaje del *Essay Concerning Humane Understanding* (1690), de John Locke, ilustra bien este lenguaje de la vista:

La percepción de la mente, al ser explicada de manera más acertada por palabras relacionadas con la vista, comprenderemos mejor lo que se quiere decir por claras y oscuras en lo que concierne a nuestras *ideas*, si reflexionamos en lo que llamamos claros y oscuros en los objetos de la vista. Al ser la luz lo que nos descubre los objetos visibles, damos el nombre de *oscuro* al que, al no estar situado en una luz suficiente para que descubramos en él

⁸⁷² Boyle, *Occasional Reflections* (1665), 156 (3.ª paginación) = Boyle, *The Works* (1999), vol. 5, 154.

minuciosamente la figura y los colores que son observables en él, y que, con una luz mejor, serían discernibles. Así, nuestras *ideas simples* son claras, cuando como los mismos objetos de los que fueron tomadas, se presentaron en una sensación o percepción bien ordenada⁸⁷³...

Aunque Locke emplea en otros lugares la palabra «evidencia» («los grados de su evidencia», «certeza y evidencia»), prefiere mucho más emplear la palabra «clara», y escribir que el conocimiento intuitivo es «como la brillante luz del Sol [que] se obliga a ser percibida inmediatamente, tan pronto como la mente gira la mirada en aquella dirección»⁸⁷⁴. Su discusión de ideas claras y distintas sigue así el ejemplo de Descartes, que sostiene que en una discusión solo pueden emplearse ideas que sean claras^{ccc}.

Una de las razones por las que Locke evita tanto como puede emplear la palabra «evidencia» es que en inglés esta tiene múltiples significados. Así, en 1654 Walter Charleton había ofrecido una traducción al inglés de dos frases en latín con las que Gassendi había resumido la epistemología de Epicuro: «Esta opinión es cierta, a la que la evidencia del sentido debe o bien estar de acuerdo, o bien no estar en desacuerdo; y esta es falsa, a la que la evidencia del sentido debe o bien no estar de acuerdo, o bien estar en desacuerdo»⁸⁷⁵. Puesto que está traduciendo el término latino

⁸⁷³ Locke, *An Essay* (1690), 163.

⁸⁷⁴ Locke, *An Essay* (1690), 264.

⁸⁷⁵ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 19; véase Gassendi, *Animadversiones* (1649), 158: «Opinio illa vera est, cui vel suffragatur, vel non refragatur

evidentia, aquí debiera de emplear «el carácter obvio» o «el carácter evidente» en lugar de «evidencia», y su apariencia implica que lo hace: por «estar de acuerdo con la evidencia del sentido quiere decirse una garantía de que nuestra comprensión o juicio de cualquier objeto que se presente ante nuestros sentidos es exactamente concordante con la realidad de este; o, que el objeto es realmente lo que nosotros, según la percepción del mismo por nuestros sentidos, juzgamos u opinamos que es»⁸⁷⁶. De modo que la evidencia del sentido no es, como cabría pensar, el testimonio de los sentidos, sino nuestra confianza en que nuestros sentidos han captado adecuadamente el objeto. El ejemplo de Charleton es una persona que camina hacia nosotros desde una cierta distancia: en un punto determinado resulta obvio que es Platón. El *Oxford English Dictionary* se equivoca ciertamente al sugerir que la palabra no se empleó en este sentido antes de 1665. He aquí a Thomas Jackson en 1615, empleando meticulosamente el término en su sentido latino:

Evidencia, además de claridad o perspicuidad (incluida directa y formalmente en su significado primero y nativo), suscita colateralmente una idea de una comprensión tan plena del objeto conocido, que sacia totalmente nuestro deseo de su conocimiento (porque evidentemente apenas tenemos en cuenta aquel

Sensus evidentia... Opinio illa falsa est, cui vel refragatur, vel non suffragatur Sensus evidentia».

⁸⁷⁶ Compárese Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661), 24, 77, 90, 109, donde parece claro que «evidencia del sentido» se utiliza en el sentido moderno.

conocimiento que deja la facultad ansiosa capaz de más o mejor información de la que ya se tenía a partir de los detalles que deseamos conocer...»⁸⁷⁷.

Siguiendo a Jackson, a este tipo de evidencia la llamaremos «evidencia-perspicuidad».

Segundo, «evidencia» se usa como un término en el derecho inglés (y solo en el inglés). Inicialmente (desde 1439), los tribunales ingleses consideraban el testimonio y la evidencia. La evidencia eran los documentos relevantes para el caso considerado; después (a partir de 1503), «evidencia» se convirtió en un término compuesto, que se refería a la vez al testimonio y a la evidencia documental. «*Evidencia (Evidentia)* —escribe John Cowell en *The Interpreter* («El intérprete», 1607), un libro que explica la terminología legal—, se usa en nuestro derecho generalmente para cualquier prueba, ya sea testimonio de hombres o instrumento»⁸⁷⁸. No hay un único término latino para «evidencia» en este sentido legal; los documentos son *instrumenta* y el testimonio es *testimonium*. Llamemos a este sentido legal compuesto «evidencia-legal». También encontramos a Charleton empleando «evidencia» en este sentido en su *Ternary of Paradoxes*: «Porque ahora, para vuestra información, haremos que nuestra empresa sea recurrir a la acción del magnetismo de la barra, y mediante la evidencia de verdades meridianas, convencer a la ignorancia y estupidez de sus adversarios»⁸⁷⁹.

⁸⁷⁷ Jackson, *Justifying Faith* (1615), 13.

⁸⁷⁸ Cowell, *The Interpreter* (1607), s.v. «evidence».

⁸⁷⁹ Helmont y Charleton, *A Ternary of Paradoxes* (1649), 37.

Desde una fecha todavía anterior, «evidencia» significaba cualquier cosa que nos proporciona base para creer o aceptar (evidencia-aceptación). Así, Cowell extendía su definición de evidencia: en un juicio, dice, se llama al acusado a testificar. El acusado «contaba lo que podía decir, y después de él todos los que estuvieron en el arresto del prisionero, o que podían proporcionar algunos indicios o señales, que en nuestro idioma llamamos *evidencia* contra el malhechor». Cowell cita a sir Thomas Smith (m. 1577). Smith y Cowell se dan cuenta de que este sentido adicional de «evidencia» es propio del inglés. El latín para indicios y señales es *signa* o *indicia*; el francés es *preuves*. Tenemos así un cuarto sentido de «evidencia», evidencia-indicios. En los tribunales ingleses, la evidencia-indicios solo se considera en la medida en que se presenta mediante testimonio o documentos, como parte de la evidencia-legal.

La evidencia-indicios es a lo que nos referimos cuando decimos que la ciencia depende de la evidencia. Así, una huella dactilar dejada en la escena de un crimen es una evidencia-indicio, una indicación, o señal, de que alguien en particular estuvo allí. Cowell da un ejemplo al explicar el término bancarrota (*bankrupt*):

Bankrupt (alias *brankrowte*) procede del francés (*banque route*) y *faire banqueroute* en francés equivale a *foro cedere, solum vetere* en romano^{ccci}: Considero que la composición de la palabra francesa es la siguiente: *banque* (es decir, *mensa*) y *route* (es decir, *vestigium*), tomadas metafóricamente de la señal dejada en tierra de una mesa que una vez estuvo fijada al suelo, y ahora se la han llevado. De modo que el original parece haber surgido de aquellos romanos

(*mensarii*) que tal como indican muchos escritores tenían sus *tabernas et mensas* en ciertas plazas públicas, y que cuando se disponían a huir y a engañar a los hombres que les habían confiado su dinero, no dejaban tras sí otra cosa que las señales o los restos de animales⁸⁸⁰.

Dejamos algo de dinero a alguien que tiene un puesto en la plaza del mercado. Un día vamos al mercado y, donde se hallaba el puesto, solo queda una marca en el suelo, un *vestigium*. Esto es una señal, una indicación o indicio de que el puesto ha desaparecido; el hecho de que el puesto haya desaparecido es una señal de que nuestro banquero se ha quedado sin trabajo; y el hecho de que nuestro banquero se haya quedado sin trabajo implica que hemos perdido nuestro dinero.

Charleton emplea también «evidencia» en este sentido. Describe cómo, si se dibuja un círculo alrededor de un tumor con un zafiro, el tumor morirá, y dice que el zafiro continúa actuando sobre el tumor desde una cierta distancia (magnéticamente): «El mismo *lugar* proporcionará una evidencia más segura y satisfactoria de parte del *magnetismo*; porque no crece negro y ardiente al instante de o por la fricción del *zafiro*; pero muchos minutos después... la virulencia desaparece sucesivamente, en obediencia a la *atracción magnética* de la gema ausente»⁸⁸¹.

⁸⁸⁰ Cowell, *The Interpreter* (1607), s.v. «*bankrupt*».

⁸⁸¹ Helmont y Charleton, *A Ternary of Paradoxes* (1649), 18.

Argumentos de este tipo eran bien conocidos por los antiguos romanos. Se trata de argumentos que empiezan a partir de cosas (o de lo que llamamos hechos). Se discuten en el Libro 5 de la *Institutio oratoria* («Instituciones oratorias») de Quintiliano, una obra que data del primer siglo I EC. Así, se encuentra a B muerto, con el cuchillo de A clavado. Esta es una señal de que A asesinó a B; a menos, desde luego, que se le robara el cuchillo a A, o que B atacara a A, de modo que A actuó en defensa propia. Por lo tanto, estas señales no pueden ser pruebas completas sino solo indicaciones; hay que interpretarlas en el contexto. Esto es lo que dice Quintiliano: una señal

es aquello a partir de lo cual se infiere algo, por ejemplo, un asesinato a partir de la sangre. Pero puede ser la sangre de un animal sacrificado que ha manchado la ropa [del sospechoso], o solo una hemorragia nasal: un hombre cuyas ropas están ensangrentadas no ha cometido necesariamente un asesinato. Pero aunque esta señal no es suficiente en sí misma, en combinación con otras se toma como equivalente de la declaración de un testigo [*ceteris adiunctum testimonii loco ducitur*]: si el hombre es un enemigo, o previamente profirió amenazas, o se hallaba en el mismo lugar. Cuando la señal se añade a estas hace que lo que solo se sospechaba parezca seguro⁸⁸².

Decimos que esta evidencia-indicios es evidencia circunstancial, donde la interpretación legal de «circunstancial» significa

⁸⁸² Quintiliano, *The Orator's Education* (2001), 362-363 (traducción modificada).

esencialmente «contextual». El término «circunstancial» se remonta a Quintiliano, que es el único autor latino que usa *circumstantia* para referirse no a una distribución espacial (las ovejas que se hallan alrededor del pastor), sino a una deducción problemática que depende del contexto. El ejemplo de Quintiliano de una apelación a la circunstancia es inventado. Imagine el lector que existe una ley que dice que un sumo sacerdote puede perdonar a una persona condenada a muerte, y otra ley que dice que si una persona que comete adulterio es condenada a muerte, también lo ha de ser su pareja. El sumo sacerdote es cogido en adulterio y condenado a muerte. «Ningún problema —dice—: Me perdonaré». «Ni pensarlo — es la respuesta—, porque si te perdonas tu pareja no puede ser ejecutada, con lo que habrás perdonado a dos personas, y esto no puedes hacerlo. De modo que tienes que morir». En el contexto específico del adulterio, el derecho al perdón del sumo sacerdote no puede usarse⁸⁸³.

Desde el latín de Quintiliano, «circunstancia» y «circunstancial» entraron en el inglés para referirse a un argumento incompleto (pero no insignificante) para la creencia, argumento que ha de ser interpretado en su contexto. He aquí lo que dice el jesuita Robert Parsons en 1590:

Porque sin embargo, el apóstol san Pablo declaró que las cosas que creemos, no son tales en sí mismas, como puede resultar aparente por la razón de los argumentos humanos; pero es tal la bondad y el

⁸⁸³ Quintiliano, *The Orator's Education* (2001), 419.

más dulce proceder de nuestro misericordioso Dios hacia nosotros, que no nos dejará sin el suficiente testimonio, tanto interno como externo, que el mismo apóstol en otro lugar dé testimonio. Porque interiormente, dio testimonio de la verdad de las cosas que creemos, al darnos luz y comprensión, con alegría interna y consolación al creerlas. Y externamente, dio testimonio de lo mismo, con tantas conveniencias, probabilidades y argumentos de credibilidad (como los llama la divinidad), que aunque la cuestión misma de lo que se cree permanezca todavía en alguna oscuridad, aun así hay tantas circunstancias de probabilidad para inducir a un hombre a creerlas, que con toda razón puede parecer fuera de razón negarlas o no confiar en ellas⁸⁸⁴.

Probabilidades, argumentos de credibilidad, circunstancias de probabilidad... todos ellas derivan de evidencia-indicios. No son en sí mismas «testimonios», equivalentes a palabras habladas o textos escritos; pero cuando las encontramos en la Biblia, como si fueran orquestados por Dios, se convierten en el equivalente de un testimonio. Es la Biblia y la tradición de la Iglesia lo que proporciona el testimonio textual; las circunstancias contextualizan el testimonio y lo acompañan. Luz interior, comprensión y alegría, de manera similar, funcionan como si fueran testimonio: para Parsons, es como si hablaran a la verdad de nuestras creencias.

Entre estos cuatro tipos de evidencia (perspicuidad, legal, aceptación, indicios) había y hay mucho margen para la confusión,

⁸⁸⁴ Parsons, *The Seconde Parte of the Booke of Christian Exercise* (1590), 157-158.

y para hacer que uno se integre en los demás. John Wilkins, en sus póstumos *Of the Principles and Duties of Natural Religion* («Principios y deberes de la religión natural», 1675), tiene una extensa discusión de evidencia en el sentido más amplio posible de las bases para creer (evidencia-aceptación); en consecuencia, incluye bajo el encabezamiento de «evidencia» sensación, demostración [es decir, deducción], testimonio y experiencia; las dos primeras son evidencia *de* y las dos segundas evidencia *para*⁸⁸⁵. La evidencia *para* una creencia (evidencia-legal, evidencia-indicios) puede ser mejor o peor, más fuerte o más débil, y producir diferentes «grados de aceptación» o «grados de veracidad, certidumbre o credibilidad»⁸⁸⁶. De forma parecida, la evidencia *de* una creencia (evidencia-perspicuidad) puede ser mayor o menor, más clara o más oscura, y producir diferentes grados de conocimiento. Para Locke existen «tres grados de conocimiento, a saber, intuitivo, demostrativo y sensitivo, en cada uno de los cuales hay grados y maneras diferentes de evidencia y certeza»⁸⁸⁷. En opinión de Locke, la evidencia-indicios (y emplea el término «evidencia» en este sentido cuando discute probabilidades) no es una forma de conocimiento (que está confinado a la intuición, la demostración y la sensación: todos ellos

⁸⁸⁵ Wilkins, *Natural Religion* (1675), 1-11. Ian Hacking afirma que en este texto hay un concepto nuevo de evidencia (evidencia-índices), pero esto es una interpretación errónea de lo que dice Wilkins. Wilkins comenta la experiencia, y ninguno de sus ejemplos es de evidencia-índices. La experiencia no mezcla demostración y testimonio, sino sensación y demostración (Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 83; la paginación es la misma en la primera edición, de 1984). El carácter mixto de la experiencia ya había sido discutido por Gassendi: Gassendi, *Opera omnia* (1727), 72b.

⁸⁸⁶ Jackson, *Justifying Faith* (1615), 14.

⁸⁸⁷ Locke, *An Essay* (1690), 268.

tipos de evidencia *de*), sino de opinión, que se mide en términos de «grados de aceptación». No obstante, algunas evidencias-indicios pueden considerarse «como si fueran un cierto conocimiento»⁸⁸⁸.

Obviamente, diferentes tipos de expertos trabajan con diferentes tipos de conocimiento. Los matemáticos tratan con el conocimiento demostrativo, o evidencia-perspiciudad. Los filósofos aristotélicos pensaban que todo el saber verdadero podía expresarse en forma silogística, pasando de premisas indiscutibles a conclusiones innegables, todas basadas en evidencia-perspiciudad. En cambio, a los abogados les importaba la evidencia-legal y la evidencia-indicios, y lo mismo les ocurría a los teólogos. Desde 1400 los teólogos habían estado discutiendo lo que llamaban «certeza moral»: evidencia lo bastante buena para fiarse de ella, incluso si hay mucho en juego. Así, puedo estar moralmente seguro de que existe una ciudad llamada Roma, aunque yo nunca haya estado allí. Hay testimonios, hay documentos, hay mapas, hay fotografías y hay otra numerosa evidencia para confirmar la existencia de un lugar llamado «Roma». Es absolutamente implausible que toda esta evidencia se haya falsificado, de modo que estoy totalmente seguro de que Roma existe. Pero mi seguridad no es del mismo tipo que mi conocimiento de que el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados, que es algo que puede demostrarse de manera rigurosa; la evidencia para Roma es un argumento a partir de la experiencia, y con ello un argumento a

⁸⁸⁸ Locke, *An Essay* (1690), 336

partir de la probabilidad^{ccci}. Un argumento convencional era que un cristiano necesitaba certeza moral de las verdades de su fe, puesto que se hallaba en juego el destino de su alma.

Algunos teólogos no se contentaban con la certeza moral: en 1689 el propagandista presbiteriano Richard Baxter discutió extensamente el concepto de evidencia, y decidió que el único tipo de evidencia que contaba era la evidencia-perspiciuidad. Uno se podía fiar, sostenía, en la experiencia en cualquiera de sus muchas formas. «Incluso nuestros filósofos experimentales y nuestros médicos encuentran que un experimento que funciona con frecuencia, no lo hace después en otros temas, y no saben por qué. A menudo un curso de efectos puede proceder de causas desconocidas»⁸⁸⁹. La verdadera fe requería certeza y la certeza requería una verdad evidente, o evidencia-perspiciuidad. (Los esfuerzos de Baxter para demostrar que la Biblia era evidentemente cierta no tienen por qué detenernos ahora).

Llegados a este punto debiera ser aparente que una manera de caracterizar la Revolución Científica es como el desplazamiento de la evidencia-perspiciuidad por la evidencia-indicios, pues la gente aprende a confiar en la evidencia circunstancial o probable en lugar de la evidencia intuitiva o demostrativa. Así, en el experimento de Torricelli no se puede ver la presión del aire, pero la altura de la columna de mercurio es un indicador de esta presión invisible. Cuando se observa la luna a través de un telescopio no se pueden

⁸⁸⁹ Baxter, *A Treatise of Knowledge and Love Compared* (1689), 59.

ver montañas, pero el terminador irregular indica que allí hay montañas. Cuando Galileo vio las lunas de Júpiter no podía ver que eran lunas, pero sus pautas de movimiento indicaban que estaban en órbita alrededor de Júpiter. En cada caso, lo que se puede ver señala hacia algo que se puede inferir de manera fidedigna. Los matemáticos empezaron a manejar evidencia de la manera en que abogados y teólogos la habían manejado durante muchos siglos.

§ 2.

Hasta aquí hemos estado considerando la evidencia principalmente a través de fuentes inglesas. En el derecho inglés el jurado era el juez de hechos: su tarea era sopesar la evidencia y decidir si el acusado era o no culpable⁸⁹⁰. No había normas establecidas de cómo alcanzar dicha decisión. La norma de «más allá de toda duda razonable» no se formuló hasta el siglo XVIII, y toda la gracia de esta norma es que los miembros del jurado han de decidir por sí mismos qué significa. Así, los jurados eran libres de alcanzar decisiones sobre la base de evidencia circunstancial si así lo decidían. Tal como lo expresa un personaje de una obra teatral de 1616, titulada, con evidente sarcasmo, *The Honest Lawyer* («El jurista honesto»):

*En caso de asesinato nunca juzgamos
por probabilidades y presunciones circunstanciales,
no habría vida que estuviera segura*⁸⁹¹.

⁸⁹⁰ Weiner, «The Civil Jury Trial and the Law-Fact Distinction» (1966).

⁸⁹¹ Sheppard, *The Honest Lawyer* (1616), J4v.

En las jurisdicciones del derecho romano la situación era, como hemos visto, muy diferente. Había normas claras sobre cómo manejar la evidencia⁸⁹². Era el juez quien reunía la evidencia, aplicaba las normas y llegaba a un veredicto. Un veredicto de culpabilidad en un caso capital requería una *prueba completa* de culpabilidad, por ejemplo el testimonio de dos testigos que hubieran visto cometer el crimen, o una confesión^{ccciii}. Cuando Quintiliano dice que la evidencia circunstancial puede tomar el lugar de un testigo, los juristas posteriores consideraron que autorizaba a considerarla la mitad de una prueba completa. En un caso capital, cuando había menos de una prueba completa, el procedimiento estándar era emplear la tortura con el fin de obtener una confesión, pero solo podía emplearse la tortura si había base sustancial para la sospecha equivalente a media prueba. Cuando en inglés usamos generalmente la palabra «prueba» para indicar una demostración (una prueba matemática), de modo que la idea de media prueba no tiene sentido, los jueces en todo el continente y en Escocia acumulaban pruebas hasta que o bien tenían una prueba completa o bien evidencia suficiente para justificar la tortura. Los chismes, por ejemplo, representaban una setenta y dosava parte de una prueba^{ccciv}.

⁸⁹² Franklin, *The Science of Conjecture* (2001), 12-63; y Langbein, *Torture and the Law of Proof* (1977).

Así, los franceses, siguiendo sus fuentes latinas, utilizaban la palabra *preuve*, o «prueba», no la palabra *evidence*; pero veían las pruebas como cosas que se pueden acumular exactamente de la misma manera que se puede acumular la evidencia hasta que equivale a una prueba más allá de toda duda. Pero mientras que en inglés podemos hablar de «la evidencia» como una totalidad («la evidencia de su culpabilidad era abrumadora»), en francés sería necesario utilizar un plural, *les preuves*. La traducción convencional al francés de «medicina basada en la evidencia» es *médecine fondée sur les faits*. Los franceses no estaban solos en tener la misma palabra para la evidencia-indicios como prueba; este era el caso en todos los demás idiomas europeos modernos, aparte del inglés y el portugués (donde *evidência* se suele encontrar en plural, al igual que en el inglés del siglo XVIII ⁸⁹³).

§ 3.

Así, hay (o parece haber) una continuidad fundamental entre la manera en que Quintiliano habla sobre señales y signos y la manera en la que los ingleses y las inglesas del siglo XVII hablan acerca de la evidencia-indicios y los europeos continentales del siglo XVII hablan acerca de pruebas en derecho. Sin embargo, se ha afirmado que no hubo concepto de evidencia hasta 1660 aproximadamente (que es la razón por la que me he concentrado en ejemplos de

⁸⁹³ Debo muchos de estos puntos sobre usos lingüísticos a Alan Sokal.

evidencia-indicios tomados de antes de dicha fecha⁸⁹⁴). La afirmación se basa en la distinción de tres tipos de evidencia: la evidencia de los testigos, la evidencia de los sentidos y la evidencia de (por falta de un término mejor) pistas⁸⁹⁵. Ian Hacking distingue una de otra las dos últimas citando a J. L. Austin:

La situación en la que yo diría adecuadamente que tengo evidencia de la afirmación de que algún animal es un cerdo es que, por ejemplo, aunque la bestia propiamente dicha no esté a la vista, puedo ver sin embargo muchas señales propias de cerdos en el suelo cerca de su guarida. Si encuentro algunos cubos llenos de comida para cerdos, esto es algo más de evidencia, y los ruidos y el olor pueden proporcionar todavía más evidencia. Pero si el animal sale entonces y se halla plenamente a la vista, ya no se trata de seguir acopiando evidencia; el que aparezca a la vista no me proporciona más evidencia de que es un cerdo. Ahora puedo ver que lo es⁸⁹⁶.

Este concepto de evidencia (evidencia-indicios, a lo que parece) faltaba en el Renacimiento, o eso es lo que se afirma. En lugar de ello, tenían el concepto de señales⁸⁹⁷.

⁸⁹⁴ Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 32-35, 79, 83-84.

⁸⁹⁵ Hacking llama a esto la evidencia de las cosas, pero esto parece equívoco, pues otros (Wilkins, por ejemplo) se refieren a la sensación como evidencia de las cosas. «Pistas» es también problemático, pues es un término del siglo XIX: Ginzburg, *Myths, Emblems, Clues* (1990).

⁸⁹⁶ Citado, Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 32, de Austin, *How to Do Things with Words* (1962), 115.

⁸⁹⁷ Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 39-48.

Esta afirmación implica una serie de errores. Primero, confunde «señales» (es decir, indicios, vestigios o muestras) con «firmas» o «improntas»⁸⁹⁸. Según la teoría de firmas del Renacimiento, algunos objetos naturales tenían su significado aparente en su forma. Así, una alubia de forma arriñonada podría ser buena para tratar una enfermedad de los riñones. Esta doctrina, que defendían los platónicos y los paracelsianos, es muy diferente de las señales (también conocidas como indicios, vestigios o muestras). Segundo, se afirma que la doctrina de las señales/firmas pertenece a disciplinas «bajas», como la medicina y la alquimia; no se hace mención alguna del derecho o la teología. Tercero, se afirma que las señales se «leían» como si fueran textos y, en consecuencia, no se hacía ninguna distinción entre la evidencia de las pistas y la evidencia de los testigos. Este es el punto en el que este argumento se torna interesante porque, como se indicó anteriormente, Quintiliano considera que las señales son equivalentes a los testimonios, y lo mismo hace Parsons. Para ellos, el testimonio es la forma paradigmática de la evidencia (evidencia-legal) a la que la evidencia-indicios se espera que se ajuste.

No obstante, Quintiliano distingue detenidamente entre lo que denomina pruebas «técnicas» y «no técnicas»⁸⁹⁹. Las pruebas no técnicas son cosas como documentos, testigos, confesiones obtenidas bajo tortura: hablan por sí mismas. Las pruebas técnicas

⁸⁹⁸ Maclean, «Foucault's Renaissance Episteme» (1998).

⁸⁹⁹ Quintiliano, *The Orator's Education* (2001), 325-327, 355-359.

las ha de construir el abogado. Señala, como hemos visto, que algunas señales prácticamente hablan por sí mismas (vestidos manchados de sangre, un grito), pero otras dependen mucho de la interpretación. Así, *indicia*, *vestigia* y *signa* (indicios, vestigios y señales) no proporcionan el mismo tipo de evidencia que documentos y testigos, aunque pueden usarse para hacer el mismo trabajo que un documento o un testigo. Se dice que la afirmación de que las señales se leen como textos procede de la creencia del Renacimiento de que el universo es un libro, el libro de la naturaleza, pero esto es situar la teoría de las señales en el contexto equivocado. La teoría de las señales se origina en el derecho, y las señales se tratan como si hablaran porque los casos llevados a los tribunales son actuaciones discursivas. La tarea del abogado de la acusación es transformar la sangre en el vestido del sospechoso en el equivalente de un testigo en su contra: ha de hacer que la sangre hable.

Pierre Gassendi, en su *Syntagma philosophicum* («Sintagma filosófico», 1656), elaboró la doctrina clásica de las señales en una refinada teoría del conocimiento⁹⁰⁰. Identifica dos tipos de señales. Están aquellas que nos permiten saber algo que hubiéramos sabido por experiencia sensorial directa si hubiéramos estado presentes en el momento adecuado. Estos son vestigios: la mesa del banquero, o la pata del cerdo o el dedo del criminal dejan un vestigio, una pista

⁹⁰⁰ Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 46-47; LoLordo, *Pierre Gassendi* (2007), 94-99; sobre la doctrina clásica, Allen, *Inference from Signs* (2001).

o un rastro. Así, también, diríamos que los cráteres que vemos en la luna son vestigios de colisiones pasadas con asteroides. Una señal «nos lleva al conocimiento de algo oculto de la manera en que los rastros [*vestigium*] son una especie de señal que le indica a un perro en qué dirección ha de continuar la carrera con el fin de capturar a su presa»⁹⁰¹. Por «vestigio» Gassendi quiere decir evidencia-indicio. En cambio, dice, hay señales que indican algo que nunca podremos ver. Nunca podremos ver las patas del ácaro de la sarna, pero del hecho de que se mueve podemos decir que ha de tener patas o algo parecido. En realidad, señala Gassendi, cuando se inventó el microscopio se hicieron visibles tanto los poros de la piel como las patas del ácaro, lo que confirmó la validez de argumentos anteriores para demostrar su existencia. Tales argumentos dependen de analogías: comparando la piel, por ejemplo, con cerámica porosa. Este concepto de argumento a partir de la analogía lo habían tomado los epicúreos de la medicina, pero también era familiar a los juristas. Así, Quintiliano supone que el jurista tendrá recurso a lo que podríamos llamar estereotipos: «Es más fácil creer el bandolerismo de un hombre, el envenenamiento de una mujer». Son argumentos por analogía, basados en las circunstancias del caso⁹⁰². Ciertamente, Gassendi hace bien en destacar la importancia de los argumentos por analogía. Robert Boyle, cuando, en 1660, quería explicar la nueva doctrina de la elasticidad del aire, comparó el aire

⁹⁰¹ Citado de Eamon, *Science and the Secrets of Nature* (1994), 283; texto en latín en Gassendi, *Opera omnia* (1727), vol. 1, 108.

⁹⁰² Quintiliano, *The Orator's Education* (2001), 375-415 (en 379), 461, 483, 501.

a la lana de oveja, que puede ser comprimida pero que vuelve a su forma anterior si cesa la presión: él creía que dicha analogía hacía plausible la noción de elasticidad. Torricelli comparaba el peso y la presión del aire al peso y la presión del agua. La distinción entre dos tipos de inferencia muy distintos, entre vestigios y analogías, sigue siendo importante para Locke. Nadie discutía la fiabilidad de los vestigios (no hay cicatriz sin herida, por ejemplo), pero evidentemente las analogías eran mucho más problemáticas. Claramente, si gran parte de nuestro conocimiento es analógico en su origen no puede ser cierto, y puede ser que las causas reales de los acontecimientos se nos escapen siempre.

Gassendi no veía necesidad de hacer una distinción explícita entre la evidencia de los vestigios y la evidencia de los testigos, pero desde luego no pensaba que la cicatriz «testifica» para la herida⁹⁰³. Tenía un concepto perfectamente bueno de evidencia, distinto de testimonio. Sin embargo, si se supone equivocadamente que el problema clave reside en distinguir entre pistas y testimonio, entonces se puede llegar a la conclusión que fue solo en la *Logique de Port-Royal* donde finalmente Arnauld diferenció los dos, porque se nos dice que trazaba una distinción entre «evidencia interna» y «evidencia externa». La evidencia interna es la evidencia de las pistas (su cuchillo estaba en la víctima); la evidencia externa es la evidencia de los testigos (su esposa dice que nunca se apartó de su lado). Excepto, desde luego, que Arnauld no empleó la palabra

⁹⁰³ Para Gassendi sobre testimonios, Gassendi, *Opera omnia* (1727), 86.

«evidencia», pues escribía en francés, no en inglés. El término que emplea es *circonstances*. Por ejemplo: «Con el fin de juzgar la verdad de algún acontecimiento y de decidir si creer o no en su suceso, es necesario que el acontecimiento no se considere aislado, como lo sería una proposición de geometría; más bien, han de considerarse todas las circunstancias del acontecimiento, tanto internas [las pistas] como externas [el testimonio]»⁹⁰⁴.

«Circunstancias», como hemos visto, es el invento de Quintiliano. Quintiliano separa también la evidencia de señales o pistas de la evidencia de testigos; de hecho, como en *La logique de Port-Royal*, la evidencia de las señales es «interna» y la evidencia de los testigos es «externa». En la lógica de *Port-Royal* es un poco difícil comprender a qué es interna la evidencia de las señales. El cuchillo puede estar en el cuerpo, pero ¿qué es exactamente la huella que hay *dentro*? En Parsons, la distinción, como hemos visto, es muy sencilla: la evidencia interna consiste en mis sensaciones, que están dentro de mí. En Quintiliano es un poco más complicado: testigos y documentos llegan al jurista desde fuera; las pruebas técnicas las construye el propio jurista, de modo que están formadas dentro de la disciplina de la oratoria. Las pruebas técnicas son la propia contribución del jurista a la evidencia. Arnauld no copia a Quintiliano, sino que lo reelabora con el fin de ir más allá^{cccv}.

¿Es *La logique de Port-Royal* (1662) el primer texto que establecía una distinción clara entre el testimonio y la evidencia-indicios? Tal

⁹⁰⁴ Citado en Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 79 (las interpolaciones son mías).

como hemos visto, en textos anteriores se supone ciertamente que uno puede reemplazar a la otra, y a veces (como en Parsons) ambos parecen estar combinados. No obstante, esto es lo que dice Richard Hooker (m. 1600): «Las cosas se hacen creíbles ya sea por la condición y calidad conocidas del que las dice, ya sea por la probabilidad manifiesta de la verdad que tienen en ellas»⁹⁰⁵. Esta es exactamente la distinción entre evidencia interna («en ellas») y evidencia externa (testimonio) que se hace en *La logique de Port-Royal*. Hooker reconoce implícitamente que ambos tipos de evidencia han de considerarse a la luz de las circunstancias. El acusado tiene sangre en su vestido, pero es un carnicero; el testimonio es explícito, pero el testigo es de poca confianza. El hecho de que una pueda reemplazar a la otra no significa que Hooker piense que son una misma cosa; son de carácter claramente diferente: una depende de las regularidades de la naturaleza, la otra de la veracidad de la gente. Otro ejemplo: en 1648, mucho antes de la publicación de *La logique de Port-Royal*, Wilkins ya aducía que los descubrimientos de Arquímedes (como su famoso espejo ardiente, con el que destruyó una flota de naves) podrían parecer demasiado asombrosos para ser ciertos («estas extrañas hazañas... apenas parecerían creíbles incluso en estas épocas más cultas»; es decir, si nosotros no podemos hacerlo, ¿cómo pudo él?), «si no estuvieran relatados por tantos y tan juiciosos autores», por encima de todos Polibio, que o bien fue un testigo ocular o al menos tuvo la

⁹⁰⁵ Hooker, *Ecclesiasticall Politie* (1604), 100.

oportunidad de hablar con testigos oculares⁹⁰⁶. Aquí, la evidencia interna se dispone frente a la evidencia externa, como con frecuencia tuvo que haber ocurrido en un tribunal de justicia. (El sospechoso tenía sangre en su vestido, pero su esposa dice que nunca se apartó de su lado).

Así, la afirmación de que hay un nuevo concepto de evidencia en la década de 1660 es errónea; miremos donde miremos, lo que encontramos es que no hay nada que no sea una reelaboración de las distinciones de Quintiliano. Lo que es nuevo es la transferencia de conceptos de una disciplina a otra. La evidencia-indicios había sido cosa de juristas y teólogos; en 1660 se convirtió en cosa de la Royal Society. La «certeza moral» había sido el lenguaje de los teólogos; en 1662 la encontramos usada por los primeros estadísticos, Graunt y Petty⁹⁰⁷. De la misma manera que los hechos se desplazaron del tribunal de justicia al laboratorio, la evidencia hizo el mismo camino por la misma época; y, como parte del mismo proceso de construir un nuevo tipo de conocimiento, la certeza moral pasó de la teología a las ciencias. En lo que se refiere a la evidencia, la nueva ciencia no inventaba nuevos conceptos sino que reciclaba los ya existentes.

§ 4.

⁹⁰⁶ Wilkins, *Mathematicall Magick* (1648), 120-121.

⁹⁰⁷ Graunt, *Natural and Political Observations... Made upon the Bills of Mortality* (1662), 20; y Petty, *A Treatise of Taxes* (1662), 27. Graunt también emplea la frase «con toda probabilidad», *pace* Daston, *Classical Probability in the Enlightenment* (1988), 12.

La búsqueda de un nuevo concepto de evidencia a mediados del siglo XVII está destinada a ser infructuosa porque había un contexto clásico en el que la cuestión de la fiabilidad de las inferencias a partir de los hechos se había debatido durante siglos. Dicho contexto era la discusión de los epiciclos ptolemaicos. Según los filósofos aristotélicos, los epiciclos no deberían existir realmente: todo movimiento en los cielos tenía que ser un movimiento circular alrededor del centro del universo. Para ellos los epiciclos eran ficciones útiles que hacían posible el cómputo de la posición de los planetas. Los matemáticos, sin embargo, interpretaban el movimiento aparentemente irregular de los planetas en los cielos como evidencia de que alguna realidad invisible causaba el movimiento. Consideraban que sus observaciones del movimiento planetario eran una buena evidencia de la realidad de los epiciclos. He aquí lo que dice Clavio subrayando la opinión de los matemáticos:

De igual manera que en la filosofía natural llegamos al conocimiento de las causas a través de sus efectos, lo mismo en astronomía, que trata de cuerpos celestes muy alejados de nosotros, hemos de alcanzar su conocimiento, de cómo están dispuestos y constituidos mediante nuestros sentidos... Por lo tanto, es adecuado y muy racional que, a partir de los movimientos particulares de los planetas y de sus diversos aspectos, los astrónomos deban resolver el número de círculos particulares que hacen girar a los planetas con sus variados movimientos,

y su disposición y forma... Pero nuestros oponentes intentan debilitar este argumento, diciendo que conceden que todos los fenómenos pueden describirse postulando círculos excéntricos y epiciclos, pero que de esto no se sigue que dichos círculos se encuentren en la naturaleza; por el contrario, son totalmente ficticios; porque quizá todos los aspectos pueden describirse de una manera más adecuada, aunque esta todavía no nos es conocida. Pero mediante la suposición de círculos excéntricos y epicíclicos no solo se conservan todos los aspectos ya conocidos, sino que se predicen fenómenos futuros, cuyo tiempo es totalmente desconocido. Así, si tengo dudas, por ejemplo, de si la luna llena se eclipsará en enero de 1582, tendré la seguridad, mediante cálculos a partir de los movimientos de los círculos excéntricos y epicíclicos, de que el eclipse ocurrirá, de modo que ya no tendrá más dudas. Pero no es creíble que tengamos que forzar a los cielos (pero parece que los forzamos si las excéntricas y los epiciclos son ficciones, tal como querrían nuestros adversarios) a obedecer nuestras ficciones y a moverse tal como queremos o como se ajusta a nuestros principios⁹⁰⁸.

⁹⁰⁸ Clavius, *In sphaeram* (1585), 450-452, traducción de Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), vol. 1, 535-536.

El argumento de Clavio aquí es igual al de los realistas modernos que afirman que la ciencia ha de aproximarse a la verdad, de otro modo no podría realizar buenas predicciones. Robert Boyle, en cambio, apoyó a los filósofos y presentó una línea de argumento que se remonta a Averroes y hasta los pragmatistas e instrumentalistas modernos:

Con la misma confianza con la que muchos atomistas y otros naturalistas presumen de conocer las causas verdaderas y genuinas de las cosas que intentan explicar, muy a menudo lo máximo que pueden alcanzar con sus explicaciones es que los fenómenos explicados pueden ser producidos de la manera que ellos dicen, pero que no tiene por qué ser realmente así. Porque un artífice puede poner en marcha todas las ruedas de un reloj, así como con muelles o con pesos, y con violencia puede disparar una bala desde el cañón de un arma, no solo mediante pólvora, sino con aire comprimido e incluso con un muelle. De modo que los mismos efectos pueden ser producidos por diversas causas, diferentes unas de otras; y a menudo será muy difícil, si no imposible, que nuestra débil razón distinga con seguridad mediante cuál de estas diversas maneras la naturaleza ha podido producir los mismos fenómenos que ha utilizado realmente para exhibirlos⁹⁰⁹.

⁹⁰⁹ Boyle, *Some Considerations* (1663), 81 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 3, 255-256 (véase Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), vol. 2, 1175-1176).

Desde fuera, un reloj accionado por una pila y un reloj accionado por un mecanismo de relojería tienen el mismo aspecto: el hecho de que las manecillas giren no nos dice qué tipo de mecanismo las acciona. En términos escolásticos esto fue un debate sobre la fiabilidad del razonamiento *a posteriori*; en nuestros términos es un debate sobre la evidencia de las cosas, o sobre evidencia-indicios. El debate no era nuevo en la segunda mitad del siglo XVII, y tampoco lo eran los argumentos. Esto es lo que decía el humanista y filósofo Alessandro Piccolomini en 1558:

Supongamos que vemos que una piedra golpea un muro, y con gran fuerza, y no sabiendo el origen de tal furia imaginamos que la piedra procede de un arco o de una ballesta. Y supongamos que nuestra teoría era falsa y que casualmente la piedra procediera de un tiro con honda. No obstante, habría golpeado el muro con la misma fuerza que si hubiera procedido del arco imaginado. Porque la mencionada furia de aquella piedra pudo haber tenido más de una causa. De manera similar, cuando vemos muchos aspectos de los planetas en el cielo, aunque las causas de las que surgen dichos aspectos nos están ocultas, no obstante es suficiente para nosotros que, suponiendo que estas teorías son ciertas, dichos aspectos deriven de ellas tal como los vemos. Esto para nosotros es más que suficiente para los cálculos, predicciones e

*información que necesitamos tener de las posiciones, lugares, magnitudes y movimientos de los planetas*⁹¹⁰.

Si este debate entre realistas e instrumentalistas parece ser un eco de nuestros propios debates acerca de la naturaleza del conocimiento científico de entidades invisibles como el electrón, ello es debido a que lo que se pone en uso aquí es el mismísimo concepto de evidencia que nosotros usamos. Todo lo que falta en estas discusiones es la palabra en la que nosotros ponemos tanto énfasis, y de la que ellos no sentían ninguna necesidad: «evidencia». Su vocabulario de aspectos, predicciones y causas es perfectamente adecuado para la tarea.

§ 5.

Desde la década de 1640, con el triunfo del experimento, el tipo de evidencia que había sido lo bastante bueno para los juristas, los médicos y los astrónomos (la evidencia de pistas, o hechos) empezó a ser lo bastante bueno para los matemáticos como Pascal cuando hacían física. El razonamiento *a posteriori*, razonar hacia atrás desde los aspectos a las causas, empezó a empujar a un lado el razonamiento *a priori* de los geómetras y de los filósofos escolásticos, que sostenían que la única forma fiable de razonamiento era razonar hacia delante, desde las definiciones a las

⁹¹⁰ Piccolomini, *La prima parte delle theoriche* (1558), 22v; traducción de Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), vol. 1, 532.

consecuencias. De la misma manera que los astrónomos reconocían que, en principio, hipótesis diferentes podían hacer igualmente bien la función (Clavio no tenía ninguna duda de que el sistema copernicano producía predicciones fiables, pero estaba seguro de que la Tierra era estacionaria, no móvil), muchas personas continuaban aduciendo que había varias explicaciones del experimento de Torricelli, todas perfectamente buenas y en competencia. Pascal discrepaba.

Era este nuevo tipo de conocimiento que Sprat tenía en mente cuando defendía a la Royal Society de sus críticos, insistiendo que el punto de partida del nuevo conocimiento, la evidencia experimental, era extremadamente fiable. De hecho, Sprat emplea (excepcionalmente para un autor del siglo XVII) la misma palabra «evidencia» como nosotros lo haríamos:

No hay ninguna otra cosa, que sea ahora aprobada y practicada en este mundo, que sea confirmada por una evidencia más robusta que esta, que es la que la Society requiere; excepto únicamente los sagrados misterios de nuestra religión. En casi todas las otras cuestiones de creencia, de opinión o de ciencia, no hay nada tan firme para la seguridad con la que los hombres son guiados como esto. Y me atrevo a apelar a todos los hombres serios que si, viendo que en todos los países que son gobernados por leyes no se espera más que el acuerdo de dos o tres testigos en cuestiones de vida y hacienda, ¿no pensarán que en lo que concierne a su conocimiento tendrán mayor

*seguridad si tienen los testimonios coincidentes de tres personas, o de un centenar?*⁹¹¹.

Pero en su mayor parte los nuevos científicos evitaban el término «evidencia» porque conllevaba inevitablemente una referencia implícita a los tribunales de justicia, una referencia que Sprat estaba deseoso de hacer explícita. Así, en 1660 Boyle describe un experimento «como plausible, aunque no una prueba demostrativa, de que el agua pueda transmutarse en aire»⁹¹². Aquí, Boyle emplea «prueba» como si estuviera escribiendo *preuve* en francés, donde nosotros emplearíamos «evidencia» en el sentido de evidencia-indicios. En la actualidad, en inglés, no podemos tener una prueba meramente plausible igual que no podemos tener un hecho falso; pero Boyle emplea «prueba» de manera diferente a como lo hacemos nosotros.

Por encima de todo, Boyle, como cualquier científico del siglo XVII, se da cuenta de que la mayoría de sus lectores serán matemáticos, y siente que es preciso:

excusarme ante los lectores matemáticos. Porque a algunos de ellos, me temo, no les gustará que les pueda ofrecer por pruebas estos experimentos físicos, porque no

⁹¹¹ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 100.

⁹¹² Boyle, *New Experiments Physico-mechanical* (1660), 176 (Boyle, *The Works* (1999), vol. 1, 218, donde «transmutado» se lee erróneamente como «transmitido»). Pero véase las referencias de Boyle a jueces y testigos (arriba, pp. 300-301) y la discusión en Sargent, *The Diffident Naturalist* (1995), 42-61, esp. 54. No puedo encontrar científico un moderno temprano que emplee la palabra «evidencia» tan libremente como, por ejemplo, Glanvill en su *Vanity of Dogmatizing*.

*siempre demuestran las cosas como ellos lo probarían con una certeza y precisión matemáticas; y mucho menos aprobarán que añada estos experimentos para confirmar las explicaciones, como si las suposiciones y programas, bien razonados, no fueran suficientes para convencer a cualquier hombre racional acerca de cuestiones de hidrostática*⁹¹³.

En otras palabras, cree que debe pedir disculpas por apelar a evidencia-indicios en un campo en el que la demostración matemática (evidencia-perspiciudad) parecía posible. Esta aspiración hacia la demostración no estaba confinada a lo que pensaríamos que son ciencias empíricas, sino que también era algo común en teología. Así, en 1593, el matemático John Napier presentaba su interpretación del Apocalipsis como «en forma y proposición, todo lo cercano a la manera analítica o demostrativa que la frase y la naturaleza de las Sagradas Escrituras puede permitir»⁹¹⁴.

En el Renacimiento, las matemáticas miraban en dos direcciones. Aristóteles había distinguido entre geometría y aritmética (que trataban de entidades puramente teóricas) y óptica, armonía y astronomía (que trataban de realidades físicas). Bacon proporcionó etiquetas para esta distinción: «matemáticas puras» y «matemáticas

⁹¹³ Boyle, *Hydrostatical Paradoxes* (1666), a1r = Boyle, *The Works* (1999), vol. 5, 196.

⁹¹⁴ Citado en Buchwald y Feingold, *Newton and the Origin of Civilization* (2013), 140-141.

mixtas». (Bacon extiende la lista de tipos de matemáticas mixtas para incluir perspectiva, ingeniería, arquitectura, cosmografía «y otros varios».)⁹¹⁵ Las matemáticas puras tratan de pruebas y demostraciones; las mixtas de fenómenos. Pero las matemáticas puras tenían un nivel superior, con el resultado de que se tenían un deseo constante de emplear el lenguaje y el estilo argumentativo de las matemáticas puras.

A Galileo, por ejemplo, le gustaba mantenerse tan cerca de la geometría como pudiera. Medía la longitud de las sombras en la luna, y empleaba la geometría para demostrar lo altas que eran las montañas que las producían; empleaba la geometría para demostrar (de manera bastante elegante) que las manchas del sol tenían que hallarse en la superficie del mismo o cerca de ella⁹¹⁶. Pero estas pruebas implicaban argumentar desde cosas (sombras y formas) hasta la aplicabilidad de teoremas geométricos. De hecho, empezaron como analogías. Galileo pensaba que las manchas de luz y oscuridad a lo largo del terminator de la luna se parecían a una cordillera vista desde arriba cuando el sol salía; tan parecidas que argumentó que solo podía ser exactamente esto. Las manchas en el sol le recordaban nubes; sabía que no eran nubes, pero tenían la misma relación con la superficie del sol que las nubes con la superficie de la Tierra. La nueva ciencia se solía presentar como un

⁹¹⁵ Bacon, *The Advancement of Learning* (1605), 31; y Brown, «The Evolution of the Term “Mixed Mathematics”» (1991).

⁹¹⁶ La segunda carta de Galileo sobre las manchas solares (1612), en Galilei y Scheiner, *On Sunspots* (2008), 107-170.

sistema de axiomas y demostraciones, en las *Due nuove scienze* de Galileo, por ejemplo, o en los *Principia* de Newton, pero siempre estaba basada en hechos y, con menos seguridad, en analogías.

Esto ayuda a explicar la rareza del término «evidencia» (que conllevaba implicaciones de discrepancia y disputa, de conflicto en los tribunales) en estos textos del siglo XVII. Aparece tres veces (una como verbo) en la *History of the Royal-Society* de Sprat. En la *Opticks* (1704), el mayor triunfo de la nueva ciencia experimental, Newton lo usa una sola vez. En los primeros volúmenes de las *Philosophical Transactions* aparece solo una o dos veces por año. En una obra tan tardía como el *Course of Experimental Philosophy* (1734-1744) de Desaguliers, el término aparece solo dos veces en dos volúmenes. Tal como hemos visto, después de 1660 los nuevos científicos hablaban sin cesar de «hechos» (aunque Newton evitaba el término como no adecuado para un matemático), «experiencia», «experimentos», «hipótesis», «teorías» y «leyes de la naturaleza». Cuando empleaban el término «evidencia» solía ser de manera casual e inadvertida, y a menudo debido a que (como en el ejemplo citado anteriormente de Sprat) querían implicar una comparación con el derecho y/o la teología.

Si había un término que resumía la nueva ciencia para los que se hallaban implicados en su construcción, no era «evidencia», sino «experiencia». Pascal fue más allá que insistir simplemente en la autoridad de la experiencia; decía que nuestro conocimiento de la

naturaleza es capaz de un progreso sin fin *porque* se fundamenta en la experiencia, y la experiencia se acumula a lo largo del tiempo⁹¹⁷. Así, el énfasis en la experiencia estaba ligado a las ideas de progreso y descubrimiento. Desde luego, había algo profundamente problemático en fiarse de la medición de la altura del mercurio en un tubo para sustanciar una comprensión teórica de la naturaleza: la medición es un acontecimiento concreto, realizado con un equipo concreto, en un día concreto, bajo circunstancias concretas, mientras que la teoría ha de ser aplicable universalmente. Los primeros experimentalistas como Galileo intentaron restar importancia a este problema al informar de un experimento en términos generales y después de haberse realizado una y otra vez, pero desde Pascal en adelante el experimento se transforma en un acontecimiento local, descrito como tal. Dichas narraciones no restan importancia al problema epistemológico de pasar de lo específico a lo universal; lo acentúan⁹¹⁸. Una manera de superar este problema es diseñar una serie de experimentos diferentes que capten el fenómeno desde perspectivas diferentes: Pascal tenía muchas ganas de ir más allá del experimento de Torricelli y diseñar otros nuevos precisamente con el fin de salvar esta brecha.

La correspondencia entre teorías y hechos era tan crucial que Galileo y Newton estaban preparados para torcer los hechos para que encajaran con las teorías, incluso mientras insistían en la

⁹¹⁷ «Préface sur le traité du vuide», en Pascal, *Oeuvres complètes* (1964), vol. 2, 772-785

⁹¹⁸ Dear, *Discipline and Experience* (1995), 15, 180; para un ejemplo publicado por Riccioli en 1651, 78.

prioridad de la experiencia sobre la teoría. Mersenne, en cualquier caso, estaba convencido de que los experimentos de Galileo de cuerpos que caían no se podían replicar de manera precisa, y sabemos que Newton manipuló las cifras para crear un ajuste perfecto entre sus principios físicos teóricos y la velocidad medida del sonido⁹¹⁹. Podríamos decir que las ciencias de Galileo y Newton siempre fueron empíricas (al menos en aspiración), pero esto sería usar el término en un sentido del siglo XIX: en el siglo XVII se pensaba en los empíricos como personas que no tenían preparación en el razonamiento, no personas que basaban las teorías en la evidencia^{cccvi}. Gassendi y Locke nunca pensaron en sí mismos como fundadores de una filosofía empírica, aunque nosotros diríamos que esto era lo que estaban haciendo.

De la misma manera que los nuevos científicos aspiraban a la demostración matemática siempre que era posible, y afirmaban un ajuste excesivamente preciso entre la teoría y el hecho cuando lo necesitaban, en inglés evitaban siempre que podían la palabra «evidencia», que estaba asociada inevitablemente con el derecho. El resultado es que mientras que podemos identificar a María la Tifoidea, o el caso índice, para los lenguajes de hechos (capítulo 7), de las leyes de la naturaleza (capítulo 9) y de hipótesis y teorías (capítulo 10), no hay un caso índice para el lenguaje de la evidencia (o, si lo hay, se halla fuera de la ciencia).

⁹¹⁹ Palmerino, «Experiments, Mathematics, Physical Causes» (2010); y Westfall, «Newton and the Fudge Factor» (1973).

Porque el lenguaje de la evidencia-indicios (distinto del concepto) estaba tomando vuelo hacia el final del siglo XVII no en ciencia, sino en obras de teología natural, como *Of the Principles and Duties of Natural Religion*, de John Wilkins (1672; 75 casos) y *The Primitive Origination of Mankind* («El origen primitivo de la humanidad»), de Matthew Hale (1677; 280 casos, pero entonces Hale era presidente de un tribunal de justicia). Se hizo común en filosofía: se encuentra cuarenta y ocho veces en el *Treatise* (1739-1740) de Hume. La fortuna a largo plazo del término tiene mucho que ver con la *Natural Theology; or, Evidences of the Existence and Attributes of the Deity* («Teología natural, o evidencias de la existencia y atributos de la deidad», 1802), de William Paley. De manera lenta pero segura, podemos ver que el lenguaje de la evidencia-indicios pasa del derecho, la teología y la filosofía a las ciencias, pero el lenguaje iba muy por detrás del concepto, porque la experimentación no era otra cosa que una llamada a la evidencia-indicios.

§ 6.

Sin embargo, sería erróneo concentrarse únicamente en el término «evidencia» en lugar de hacerlo en el concepto que expresa, porque si lo hacemos nos perderemos un acontecimiento crucial. Para Locke y todos los que hubo antes que él, el conocimiento es igual a la verdad. El conocimiento no viable, el conocimiento que podía corregirse a la luz de nuevas observaciones, era simplemente opinión o probabilidad. La certeza moral se había introducido como opinión «dura», fiable, pero el quid de la cuestión acerca del

conocimiento moralmente cierto era que se podía confiar en él sin reservas; en la práctica, nunca podría falsarse, incluso si no podía demostrarse como pueden demostrarse los teoremas matemáticos. El concepto de evidencia (con el significado de experiencia relevante) se había introducido en la ciencia desde el derecho. En el derecho inglés, una vez el jurado había emitido un veredicto podía haber una apelación sobre una cuestión de derecho, pero no podía haber apelación sobre una cuestión de hecho. Hasta 1907, no hubo un procedimiento para introducir nueva evidencia⁹²⁰. Así, el jurado tenía que estar seguro de su veredicto. La certeza moral, basada en la probabilidad, se había unido, en los textos de Wilkins y Locke, al conocimiento deductivo u obvio como una forma de verdad. Esta simplemente concordaba con la práctica de los tribunales.

Locke había discutido un caso en el que lo que parecía conocimiento fiable resultó ser erróneo: el del rey de Siam, quien no estaba dispuesto a creer el testimonio del embajador holandés, que le aseguraba que en Holanda el agua podía hacerse tan dura que un elefante podía caminar sobre ella. Pero Locke nunca propuso este caso como un ejemplo paradigmático de cómo el conocimiento empírico (como lo llamamos nosotros) funciona cuando funciona bien. Locke formuló el principio general de que «en la medida en que la conformidad de nuestro conocimiento, la certeza de las observaciones, la frecuencia y la constancia de la experiencia, y el

⁹²⁰ Las cuestiones legales y su historia se resumieron recientemente en la sentencia de la Cámara de los Lores sobre Regina v. Pendleton, 13 de diciembre de 2001.

número y credibilidad de los testimonios concuerdan más o menos, o no concuerdan con él, así cada proposición en sí misma es más o menos probable»⁹²¹. Esto significa que lo que es probable cambia a lo largo del tiempo; pero Locke nunca se armó de valor para dar el paso siguiente de decir que el mismo conocimiento cambia a lo largo del tiempo. Por un lado, hay lo que él llama «nuestro conocimiento», que es cambiante. Por el otro, está el conocimiento, que es la verdad.

El *Oxford English Dictionary* distingue de manera útil entre «conocimiento» que significa «el hecho de conocer o estar familiarizado con una cosa, persona, etc». y «conocimiento» que significa «creencia cierta justificada» (en latín, *scientia*). «Nuestro conocimiento», en la frase de Locke, que ha de ajustarse a la observación, la experiencia y el testimonio, es conocimiento como familiaridad, pero Locke todavía anhela la creencia cierta justificada. En este sentido, todavía piensa como Hobbes, quien había escrito:

Este tomar las señales por experiencia, es que de la manera en que los hombres piensan de ordinario, la diferencia reside entre el hombre y el hombre con sabiduría, que por lo común consideran que es un hombre con toda la capacidad o poder cognitivo; pero esto es un error, porque las señales no son más que conjeturales, y en función de si han fallado a menudo o raramente, su

⁹²¹ Locke, *An Essay* (1690), 333.

*garantía es mayor o menor, pero nunca completa y evidente. Porque aunque un hombre siempre ha visto que hasta ahora el día y la noche se siguen uno a otra, de ahí no puede llegar a la conclusión de que lo seguirán haciendo, o que lo han hecho eternamente: la experiencia no concluye nada de forma universal. Si las señales indican veinte veces por una que no, un hombre puede hacer una apuesta de veinte a uno de aquel suceso; pero no puede llegar a la conclusión de que esto sea una verdad*⁹²².

Un cambio radical de la posición de Hobbes (que expone claramente el problema de Hume de la inducción y rechaza la evidencia-indicios como una base para la certeza), e incluso de la de Locke (que puede describirse como que define claramente la elección entre evidencia-perspicuidad y evidencia-indicios pero después la amaña), se encuentra en *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), de William Wotton:

Los nuevos filósofos, como se les llama comúnmente, evitan llegar a conclusiones generales hasta haber reunido un gran número de experimentos u observaciones sobre la cosa que tienen entre manos; y, cuando se hace nueva luz sobre las viejas hipótesis, estas caen sin ruido ni

⁹²² Hobbes, *Humane Nature* (1650), 38-39; citado en Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 48

*agitación. De modo que las inferencias que se hacen sobre cualesquiera investigaciones de objetos naturales, aunque quizá se establecen en términos generales, son recibidas (como si hubiera consenso) con esta reserva tácita, en la medida en que lo permitan los experimentos u observaciones ya hechas*⁹²³.

La «reserva tácita» de Wotton, que es el principio de que no todo el razonamiento científico es factible, es de importancia fundamental^{cccvii}. Transforma la ciencia desde el conocimiento de la verdad, considerado indiscutible, en una forma de conocimiento progresivo en el que las reglas establecidas siempre pueden discutirse y en el que nunca se alcanza una verdad última. ¿De dónde obtuvo Wotton el concepto de reserva tácita? La frase misma procede de la filosofía moral, donde, tradicionalmente, cada promesa estaba acompañada de una reserva sobreentendida: «*Si puedo; si debo; o si las cosas continúan en el mismo estado: de modo que por el cambio de circunstancias quedo descargado de mi obligación*»⁹²⁴. Pero el principio de que los sistemas intelectuales son meras construcciones temporales que posteriormente puede ser necesario revisar y mejorar, procede directamente del lenguaje matemático de las hipótesis y las teorías que Wotton invoca cuando

⁹²³ Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), 301.

⁹²⁴ Séneca, *Seneca's Morals Abstracted* (1679), parte 3, 99-100.

escribe acerca de «las viejas hipótesis» que «caen sin ruido ni agitación».

Ahora bien, con la formulación de Wotton de una reserva tácita, se requería que la certeza moral dejara paso a un nuevo tipo de conocimiento temporal, una comprensión puramente provisional. Esta reserva tácita no se había formulado tan claramente antes. El caso del rey de Siam de Locke es uno en el que una reserva tácita habría sido apropiada, pero Locke no había formulado ninguna. Lo que Wotton entiende es que los científicos pueden ponerse de acuerdo («como si hubiera consenso»), por el momento, para tratar el conocimiento de familiaridad, o experiencia, como creencia verdadera, y que esto no es un error sino más bien la manera en que uno cambia un ideal, conocimiento como verdad invariable, un veredicto final inapelable, en una forma de conocimiento peculiar, progresivo, conocimiento como familiaridad incompleta. La inducción siempre es imperfecta, la evidencia siempre es incompleta, pero puede ser lo bastante buena para ir tirando. La formulación de Wotton de la noción de que en ciencia todo el conocimiento está acompañado por una reserva tácita le concede el crédito de haber sido el primero en tener una comprensión adecuada de la base conceptual de la ciencia moderna; o, si el lector lo prefiere, de ser el primero en comprender a la vez la ciencia moderna y en reconocer sus limitaciones. Es solo en este punto cuando la teoría moderna de la evidencia se torna completa (aunque, desde luego, Wotton escribe acerca de experiencias y observaciones y no emplea el nombre «evidencia»). Así, cuando

finalmente llegamos a la formulación de Wotton de una reserva tácita, encontramos, por primera vez, una comprensión profunda de la naturaleza del conocimiento científico⁹²⁵.

§ 7.

No obstante, buscar el concepto de evidencia compensa de maneras imprevistas. De hecho, nos proporciona un descubrimiento que es extraño e inesperado. Porque cuando los científicos empezaron a hacer valoraciones en relación a la fiabilidad de la evidencia se les pidió que ejercitaran lo que todos ellos llamaban «juicio» (por ejemplo, Locke: «Al ser el conocimiento como es solo tiene visible una determinada verdad, el *error* no es un fallo de nuestro conocimiento, sino una equivocación de nuestro juicio que da un consentimiento a esto, que no es verdad»⁹²⁶). Y ejercer el juicio requiere un conjunto de virtudes específico, las virtudes que uno esperaría encontrar en un jurado de nuestros iguales: imparcialidad, asiduidad, sinceridad. Encontramos estas virtudes en todos los casos de discusiones de evidencia-indicios, mientras que son en gran medida irrelevantes en discusiones de evidencia-perspicuidad. Veamos, por ejemplo, cómo un teólogo explicaba en

⁹²⁵ Tengo una cierta simpatía por la afirmación de Feyerabend de que existe una incoherencia radical en los primeros textos sobre la validez del conocimiento empírico: Feyerabend, «Classical Empiricism» (1970).

⁹²⁶ Locke, *An Essay* (1690), 353; acerca de Locke sobre el dictamen, Laudan, «Nature and Sources» (1967), 214-216. Para un ejemplo de cómo se ejercía el dictamen en el proceder científico cotidiano, Buchwald y Feingold, *Newton and the Origin of Civilization* (2013), 66-71: Hevelius realizaba mediciones repetidas para determinar la posición de una estrella; después, no promediaba los resultados, sino que tomaba una decisión acerca de qué resultado era el correcto.

1677 la diferencia entre la certeza y la fe, entre la evidencia-perspicuidad y la evidencia-indicios:

Una demostración matemática produce una luz tan fuerte que la mente no puede suspender su acuerdo, pero ahora está superada por la postulación desnuda del objeto; y esta es la razón por la que en asuntos de matemáticas no hay infieles ni herejes. Pero los motivos de la fe son tales que, aunque el objeto sea de lo más cierto, aun así la evidencia no es tan clara e irresistible como la que fluye del sentido, o de una demostración. Y ahí está la excelente observación de Grotius: Dios ha designado sabiamente esta manera de persuadir a los hombres sobre la verdad del Evangelio, que la fe tiene que ser aceptada como un acto de obediencia de la criatura razonable. Porque los argumentos para inducir convicción, aunque son de certeza suficiente, aun así no obligan a la mente a dar su consentimiento, sino que hay prudencia y elección en ello⁹²⁷.

Los matemáticos no necesitan prudencia; los cristianos, juristas y científicos, sí. Así describe Sprat a su filósofo ideal: «La verdadera filosofía ha de empezar, ante todo, con un examen escrupuloso y severo de los particulares; a partir de ellos, puede haber algunas reglas generales, establecidas con gran prudencia»; «Imaginemos

⁹²⁷ Bates, *The Divinity of the Christian Religion* (1677), 41-42.

ahora a nuestro filósofo, que tiene toda la lentitud de la creencia, y el rigor de la prueba, que algunos llaman equivocadamente una ceguera de la mente y dureza del corazón»⁹²⁸. El científico ha de ser lento, escrupuloso, severo, riguroso. Oigamos a Wilkins: «La palabra moderación es una calidad, un hábito, una afección de virtud intelectual, por la que nos interesa cualquier verdad según una medida determinada, ni más ni menos que la evidencia y la importancia que esta requiere, a la que se opone la noción de furia o de fanatismo como el extremo deficiente»⁹²⁹. El científico ha de ser moderado: este es un nuevo tipo de virtud intelectual. De su novedad Wilkins es plenamente consciente: no tenemos otra elección, dice, que adoptar la opinión que pensamos que está mejor respaldada por la evidencia:

Pero a pesar de todo ha de concederse que es una virtud y felicidad particular mantener la mente en un tal marco de juicio igual. Existen algunos hombres que tienen capacidades suficientes para discernir entre la verdadera diferencia de las cosas; pero que sus afectos viciosos y sus prejuicios voluntarios los predisponen a negar que algunas cosas puedan ser verdad; que mediante su inadvertencia o negligencia a considerar y comparar entre sí las cosas, no son convencidos por argumentos claros; ni por cualquier insuficiencia en la evidencia, sino por razón de algún

⁹²⁸ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 31, 360.

⁹²⁹ Wilkins, *An Essay towards a Real Character* (1668), 289-290.

defecto o corrupción en la facultad que ha de juzgarlo. Ahora bien, la negligencia de mantener nuestra mente en un tal marco de juicio igual, el no aplicar nuestro pensamiento a considerar estos asuntos de momento, como en gran medida preocupa a un hombre para ser informado adecuadamente, ha de ser un vicio. Y aunque ninguno de los filósofos (que yo conozca) tienen en cuenta este tipo de fe (como puede llamarse), esta capacidad de ser enseñada y esta igualdad de mente al considerar y juzgar cuestiones de importancia, entre otras virtudes intelectuales, me parece que puede justamente suponer un reto para ocupar un lugar entre ellos⁹³⁰.

La imparcialidad es ahora también una virtud intelectual. He aquí a Locke:

No obstante, todavía no cuestiono que el conocimiento humano, en las circunstancias actuales de nuestros seres y constituciones, pueda ser llevado mucho más allá de lo que lo ha sido hasta ahora, si los hombres quisieran sinceramente, y con libertad de mente, emplear toda esta diligencia y trabajo del pensamiento que dedican a cambiar o favorecer falsedades en mejorar los medios de descubrir la verdad⁹³¹.

⁹³⁰ Wilkins, *Natural Religion* (1675), 35-36.

⁹³¹ Locke, *An Essay* (1690), 269.

La sinceridad y la diligencia también son virtudes intelectuales. Así, cuando el conocimiento deja de ser una cuestión de evidencia-perspiciudad y se convierte en una cuestión de evidencia-indicios, al conocedor se le exige todo un nuevo conjunto de virtudes intelectuales. Finalmente, con el concepto de una reserva tácita, se introduce directamente en la epistemología un principio de la filosofía moral, que establece un límite a las declaraciones de conocimiento. Nos gustaría poder decir que estas virtudes y este límite pueden resumirse en la palabra «objetividad»; pero objetividad es un concepto del siglo XIX e implica nuevas maneras de observar la naturaleza y de registrar la información⁹³². Sería erróneo aplicarlo retroactivamente a la Revolución Científica; antes de la instrumentación de precisión de la Revolución Industrial la imparcialidad y el juicio eran virtudes, no maneras de redescubrir la competencia profesional.

El descubrimiento implica individualismo y competencia. Los científicos han de ser aventureros y emprendedores. Pero, tal como no dejaba de señalar Robert K. Merton, la ciencia no va únicamente del éxito individual. La cultura de su profesión exige a los científicos que declaren su lealtad a un conjunto muy diferente de valores, que Merton definió como comunismo (el conocimiento se comparte, a menudo rebautizado «comunalismo»); hemos visto la primera

⁹³² Daston y Galison (eds)., *Objectivity* (2007). Sin embargo, la discusión de «objetividad» en Gaukroger, *The Emergence of a Scientific Culture* (2006), 239-245, es, al menos en parte, una discusión de «decisión».

comunidad de científicos experimentales que surgió en Francia en la década de 1640), universalismo (el conocimiento ha de ser impersonal e imparcial), desinterés (los científicos han de ayudarse mutuamente) y escepticismo organizado (las ideas han de ponerse a prueba una y otra vez⁹³³). A este conjunto de valores se le suele denominar por su acrónimo en inglés, CUDOS. Así, cada científico está sometido a dos imperativos que compiten y están en conflicto: están obligados a ser a la vez competitivos y cooperativos. Se requiere que los científicos tengan dos caras, como Jano, a la vez modesta y asertiva, y Merton vio que su tarea como sociólogo de la ciencia era deducir cómo los científicos sorteaban este conflicto, que él consideraba que era constitutivo de la ciencia en tanto que empresa social^{cccviii}.

¿Cómo se produjo este conflicto? La respuesta es muy sencilla. Es el resultado de combinar el descubrimiento con las virtudes morales asociadas con la evidencia-indicios. El resultado es un conflicto estructural en la naturaleza de la ciencia, un conflicto cuyos orígenes son históricos. No encontraremos a Copérnico, ni a Kepler, ni a Galileo ensalzando la moderación, la imparcialidad, la diligencia; pero es que Copérnico, Kepler y Galileo son ante todo matemáticos. La generación posterior a Galileo tuvo que reconocer su dependencia de la evidencia-índices y así, quiérase o no, tuvo que adoptar las virtudes de la judicatura.

⁹³³ Merton, «Science and Technology in a Democratic Order» (1942), reimpresso como Merton, «The Normative Structure of Science» (1973).

Se ha jugado mucho con la idea de que la Royal Society estaba comprometida con la búsqueda de hechos, con la imparcialidad, con la moderación, porque se cimentaba en el contexto inmediato de la Restauración⁹³⁴. Durante veinte años las personas se habían estado matando unas a otras en el nombre de la verdad; ahora tenían que aprender a gestionar sus desacuerdos de una manera diferente. La nueva ciencia tiene que colocarse en este contexto local. No niego que haya verdad en ello, pero apenas explica por qué Merton encontró que las mismas virtudes eran admiradas por los científicos en la década de 1940 y por los científicos de la década de 1660. Las nuevas virtudes son más profundas que el contexto inmediato de la Restauración.

¿En qué otro lugar encontramos un conflicto similar entre competencia y cooperación? En la profesión legal. El sistema adversarial significa que los juristas quieren ganar, y cuanto mejores son cuando ganan, más se les paga. Al mismo tiempo, cada jurista es un funcionario del tribunal. Están obligados por un código de normas profesionales. Nunca deben mentir a beneficio de un cliente. Nunca han de retener evidencia de la otra parte. Han de ser a la vez competitivos y cooperativos. Lo que ocurrió cuando la evidencia-indicios pasó de la sala del tribunal al laboratorio fue que las características contradictorias de cualquier sistema legal basado en la evidencia (hay otros sistemas legales, por ejemplo el juicio de Dios u ordalía, que tienen estas características) se importaron a la

⁹³⁴ Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 72-76.

ciencia, y los científicos se dividieron entre ellos de la misma manera que lo habían estado siempre los juristas en los sistemas legales adversariales, ya desde Quintiliano, quien todo el tiempo estaba buscando a la vez buenos argumentos y argumentos para ganar, sabiendo muy bien que ambos no suelen ser lo mismo.

Con el resurgimiento del estoicismo en el Renacimiento la palabra «filosófico» adquirió un nuevo significado: los filósofos, se afirmaba, eran capaces de moderar sus pasiones y no conmoverse ante los golpes de la fortuna^{cccix}. Podían abstraerse de su experiencia inmediata y contemplar el panorama mayor. Wilkins, Sprat y Locke buscan un tipo de persona muy distinto, uno que ejemplifique CUDOS. Este capítulo se inició con la búsqueda de un nuevo tipo de evidencia; termina con la cara de Jano de un nuevo tipo de intelectual, un tipo producido por los filósofos a los que se pedía que se dedicaran a un tipo antiguo de evidencia: la evidencia circunstancial.

§ 8.

Hay un paso adicional en este argumento. En 1976 Thomas Kuhn publicó un artículo titulado «Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science»⁹³⁵. En Inglaterra, afirmaba Kuhn, la ciencia experimental floreció desde finales del siglo XVII, ciencia ejecutada en la tradición de Bacon. En el

⁹³⁵ Kuhn, «Mathematical versus Experimental Traditions» (1976), reimpresso en Kuhn, *The Essential Tension* (1977). Esta línea de argumentación ya está esbozada en Conant, *Robert Boyle's Experiments in Pneumatics* (1950), 67-68 bajo el encabezamiento «The Two Traditions».

continente se prefería un tipo de ciencia mucho más deductivo, ciencia ejecutada en el estilo de Descartes. Los ingleses estaban preocupados por hechos, los franceses (porque es sobre todo en los franceses en los que Kuhn piensa) por teorías. Tal como lo plantea Kuhn, este argumento, que sitúa a los experimentalistas contra los matemáticos, parece equivocado. Los ingleses tenían a Halley y a Newton, que simultáneamente eran experimentalistas y matemáticos. Los franceses tenían a Pascal, los Cassini y Huygens (los Cassini y Huygens no eran franceses por origen, sino por elección), lo mismo^{cccx}. Fue un francés, Claude Bernard, no un inglés, quien escribió *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* («Introducción al estudio de la medicina experimental», 1865).

Pero podemos reformular el argumento de Kuhn de una manera diferente. Los ingleses tenían el derecho común, que se basaba en el sistema del jurado. El sistema del jurado permitía un papel importante a la evidencia circunstancial, mientras se introdujera en el testimonio. Concedía mucho margen a los fiscales para que argumentaran a partir de la analogía. Cuando los científicos reorganizaron la ciencia alrededor de la evidencia-indicios importaron a ella las virtudes del sistema del jurado, al menos en una forma idealizada: una disposición a escuchar a ambas partes, un deseo de mezclar prueba con persuasión, una llamada al sentido común. (Newton, desde luego, es una gran excepción aquí). Los franceses, en cambio, tenían un sistema de derecho romano. Su nueva ciencia se organizó alrededor de las virtudes de un *juge*

d'instruction: rigor intelectual, un conjunto de procedimientos formalizados, una búsqueda de una prueba completa, una confianza de que solo era necesario dar cuentas a otros profesionales. Si hay dos tradiciones científicas, como afirmaba Kuhn, quizá pueden verse como reflejos de la importación a la ciencia de dos tradiciones legales diferentes, de dos maneras diferentes de manejar la evidencia-indicios, más que como personificación de un conflicto entre matemáticos y experimentalistas. Quizá, por lo tanto, es equívoco decir que se puede traducir de forma segura el inglés *evidence* por el francés *preuve*, porque los dos términos reflejan dos culturas forenses diferentes e incommensurables, juicio por jurado y juicio por inquisición. La evidencia-legal francesa era diferente de la evidencia-legal inglesa, de modo que la evidencia-indicios francesa siempre ha sido diferente de la evidencia-indicios inglesa^{cccxi}.

Un amigo mío estuvo una vez en un hospital en París. Los médicos le dijeron que tenían una hipótesis en relación a la naturaleza de su enfermedad que intentaban demostrar, mientras que en Inglaterra le habrían dicho que tenía determinados síntomas que sugerían un diagnóstico para confirmar el cual realizarían unas pruebas. Dos culturas: una destaca la diferencia entre evidencia-indicios y evidencia-perspicuidad; la otra la minimiza. Pero, no obstante, ambas tienen una empresa común, la de transmutar señales y síntomas en conocimiento.

Lo que he ofrecido aquí es lo que Boyle denominaría una prueba plausible: un buen argumento (espero) que no acaba, por poco, de

ser concluyente. Lo que espero haber demostrado es que la ciencia modeló su nuevo interés por la evidencia-indicios en los procesos legales, y durante tanto tiempo como pudo intentó restar importancia a la medida en que la evidencia-indicios difería en carácter de la evidencia-perspicuidad. Incluso David Hume, en su ensayo «Of Miracles» (1748), todavía se deslizaba entre los dos sentidos del término^{cccxi}.

También quiero insistir en dos cosas que es fácil que nos pasen inadvertidas, de tan acostumbrados que estamos a manejar evidencias-indicios y a encontrarlas convincentes. Primero, ha habido muchos sistemas de conocimiento que han rechazado la evidencia-indicios y se han basado en alguna otra cosa: en la prueba geométrica, por ejemplo, o en rúbricas, o en la identificación del significado oculto (la astrología, por ejemplo). Las evidencias-indicios pueden haber sido usadas siempre de una manera irreflexiva por personas que se dedican a sus asuntos cotidianos; pero elevarlas a ser una base fiable para el conocimiento teórico, como ocurrió en Inglaterra a mediados del siglo XVII, suponía hacer una afirmación de que eran peculiares desde el punto de vista cultural y estaban lejos de ser obviamente ciertas.

Segundo, ni siquiera ahora es obvio que fiar en las evidencias-indicios iba a ser una estrategia ganadora. Todo el énfasis de la formulación de Hume del problema de inducción es que no podemos explicar *por qué* la inducción suele funcionar bastante bien, por qué la naturaleza parece muy regular en sus actos (o al menos nos parece regular a nosotros, que hemos sido adiestrados a buscar

regularidades). Incluso si quisiéramos basarnos en evidencias-indicios, ¿cómo podríamos decir qué es lo que constituye un buen argumento? Los médicos consideran que un medicamento tiene una efectividad demostrada si los resultados de un ensayo son mejores de lo que se obtendría por azar diecinueve veces de cada veinte; los físicos nucleares dicen que hay evidencia de algo si no hay más de una probabilidad en 741 de un resultado positivo falso; consideran que algo está demostrado si las probabilidades son de 3,5 millones a una. Los primeros científicos ni siquiera sabían cómo realizar un test de significación estadística.

La cuestión acerca de la evidencia no es que fuera un tipo natural de argumento en el que fiar, ni que fuera un tipo de argumento que estaba obviamente destinado a tener éxito; la cuestión era que fiarse de la evidencia simplemente resultó funcionar bastante bien. Cuando la evidencia-indicios sustituyó a la evidencia-perspicuidad los nuevos científicos pudieron demostrar cada vez más éxitos (el experimento del Puy de Dôme, la ley de Boyle, la nueva teoría de la luz de Newton), y dichos éxitos hicieron que aumentara la atracción de la evidencia-indicios. El aparato intelectual de la nueva ciencia (hechos, experimentos, teorías, leyes de la naturaleza, evidencia) no establecieron su valor mediante argumentos filosóficos; su éxito dependía del hecho de que, en la práctica, producía buenos resultados. Puede haber mundos habitados en los que ninguna cultura se convierte en basada en la evidencia; y puede haber, por lo que sabemos, universos en los que buscar la evidencia simplemente no compensa: en los que los escépticos no solo ganan

las discusiones, sino que tienen los hechos de su parte. Resultó que la realidad y la nueva ciencia, en determinadas áreas de la física, encajaban entre sí de manera muy clara. Esto fue, al final, buena suerte. Locke dudaba de si nuestras capacidades sensoriales eran suficientes para permitirnos desarrollar un conocimiento adecuado de las sustancias corpóreas⁹³⁶. Resulta que estaba equivocado, pero podría haber estado fácilmente en lo cierto.

⁹³⁶ Locke, *An Essay*, libro 3, cap. 6, §2.

Parte IV

Nacimiento de la modernidad

La filosofía natural, por lo tanto, es joven.

Thomas Hobbes, Elements of Philosophy (1656)

La cuarta parte trata de dos consecuencias muy diferentes de la Revolución Científica. Los capítulos primero y último exploran los orígenes científicos de la Revolución Industrial, que resultó ser más temprana y más cercana de lo que se sospechaba previamente. El capítulo central considera la creencia en agentes supernaturales: brujas, demonios, *poltergeists*. Inicialmente, personajes clave dedicados a la nueva ciencia esperaban que esta ayudaría a demostrar la realidad de la actividad sobrenatural; después de la publicación de los *Principia* de Newton (1687) el resultado fue más bien el opuesto: la nueva ciencia parecía legitimar un nuevo escepticismo.

Capítulo 12

Máquinas

La concepción renacentista de la naturaleza como una máquina... se basa en la experiencia humana de diseñar y construir máquinas. Los griegos y los romanos no eran usuarios de máquinas, excepto en una medida muy menor: sus catapultas y relojes de agua no eran un rasgo lo bastante prominente de su vida para afectar la manera en que concebían la relación entre ellos y el mundo. Pero en el siglo XVI la Revolución Industrial ya estaba en marcha. La imprenta y el molino de viento, la palanca, la bomba y la polea, el reloj y la carretilla, y toda una serie de máquinas en uso entre los mineros y los ingenieros, eran características establecidas de la vida cotidiana. Todo el mundo entendía la naturaleza de una máquina, y la experiencia de construir y usar dichas cosas se había convertido en parte de la conciencia general del hombre europeo. Fue un paso fácil hasta esta proposición: un relojero o un constructor de molinos es a un reloj o a un molino, como Dios es a la naturaleza.

*R. G. Collingwood, The Idea of Nature (1945)*⁹³⁷

§ 1.

El gran filósofo y arqueólogo R. G. Collingwood propuso un determinismo tecnológico relativamente directo: las máquinas nuevas promueven nuevas maneras de pensar. Hay dos problemas con este argumento. El primero es que la única máquina de las que él lista que era nueva en el Renacimiento era la imprenta. La Edad Media, ya hace tiempo que se asevera, vio una revolución tecnológica con la invención del reloj, la amplia difusión del molino de agua y de la carretilla, y el desarrollo de diversos cabrestantes y tornos necesarios para construir las catedrales; la consideración de la naturaleza como una máquina no debió de aparecer en el siglo XVI, sino en el XIV⁹³⁸. El segundo problema es incluso más fundamental: aunque Collingwood dedica un largo capítulo a la idea de la naturaleza en el Renacimiento, y retorna a la afirmación de que el Renacimiento consideraba la naturaleza como una máquina, nunca ofrece ni un solo ejemplo de alguien que describiera la naturaleza como si fuera una máquina. Collingwood estaba tan seguro de que el Renacimiento pensaba que la naturaleza era una

⁹³⁷ Collingwood, *The Idea of Nature* (1945), 8-9.

⁹³⁸ Cipolla, *Clocks and Culture, 1300-1700* (1967); White, «The Medieval Roots of Modern Technology» (1978); Gimpel, *The Medieval Machine* (1976); Reynolds, *Stronger than a Hundred Men* (1983); North, *God's Clockmaker* (2005); y Walton, *Wind and Water* (2006). Algunos dirían que lo hizo: Kaye, *Economy and Nature* (1998). Sobre el Renacimiento y la maquinaria moderna inicial, Sawday, *Engines of the Imagination* (2007); y Rossi, *Philosophy, Technology and the Arts* (1970).

máquina que no se dio cuenta de que no proporcionó evidencia alguna que respaldara su afirmación.

Teniendo presente este relato admonitorio, empecemos por plantear una pregunta que parece demasiado obvia para que necesite formularse, pero que de hecho es un preliminar esencial: ¿qué es una máquina? Primero, al menos en términos conceptuales, están las «máquinas sencillas». Arquímedes estudió tres herramientas elementales que podían usarse para mover pesos: la palanca, la polea y el tornillo. Herón de Alejandría (10-70 EC) les añadió el torno y la cuña, y a finales del siglo XVI Simon Stevin incluyó el plano inclinado. Todas estas máquinas sencillas proporcionan una ventaja mecánica a la hora de mover un peso. La ciencia moderna de la mecánica cristalizó en *Le Meccaniche* («La mecánica») de Galileo (1600 en manuscrito; publicado por primera vez por Mersenne en 1634)⁹³⁹. Galileo fue el primero en demostrar que el trabajo realizado por una máquina no podía ser nunca mayor que el trabajo que se ponía en ella, de manera que las máquinas no pueden engañar nunca a la naturaleza para que haga algo que rompa sus reglas normales. (Así, una palanca permite que un peso ligero levante un peso más pesado, pero el peso ligero se desplaza más allá que el peso más pesado, de manera que el trabajo que se hace en cada lado del fulcro es el mismo). De esta manera, Galileo estableció una nueva equivalencia entre los procesos naturales y los artificiales. Debido a que Galileo pensaba en las máquinas de esta

⁹³⁹ Drabkin y Drake (eds.), *Mechanics in Sixteenth-century Italy* (1969).

manera técnica estricta, nunca dijo que el universo es una máquina ni que todos los procesos naturales pueden entenderse en términos mecánicos; tampoco compara nunca el universo a un reloj, que es algo que ciertamente hubiera podido hacer si hubiera querido.

Lo que Galileo sí discutió fue el atomismo. El atomismo de Demócrito, Epicuro y Lucrecio implicaba que el universo está constituido por bloques que funcionan mediante su tamaño, forma y solidez. Tal como dijo Demócrito: «Por convención dulce, por convención amargo, por convención caliente, por convención frío, por convención color; pero en realidad átomos y vacío»⁹⁴⁰. En un mundo de átomos y el vacío todos los procesos naturales resultan de las maneras en las que los átomos se empujan unos a otros. En 1618, como resultado de una conversación con Isaac Beeckman, el joven Descartes dio con una alternativa al antiguo atomismo: allí donde los antiguos habían pensado en átomos que se golpeaban entre sí en un espacio vacío, Descartes rechazó la posibilidad de espacio vacío y pensó en términos de corpúsculos que llenaban todo el espacio disponible, como el agua llena el océano. Al año siguiente, Descartes formuló su famosa doctrina, *cogito ergo sum*: «pienso, luego existo»; en consecuencia hay algo, una cosa, que sé con seguridad. Sobre esta base segura se dispuso a edificar una nueva filosofía que sustituyera a la de Aristóteles, y empezó a publicar elementos de este nuevo sistema en 1637. Desde la publicación de un larguísimo artículo de Marie Boas en 1952 ha sido costumbre

⁹⁴⁰ Kirk, Raven y otros, *The Presocratic Philosophers* (1983), 410.

referirse conjuntamente a estas dos alternativas a la teoría aristotélica de formas y cualidades (la filosofía atómica de los antiguos, revivida por Galileo, Gassendi y otros, y la filosofía corpuscular de Descartes) como «la filosofía mecánica»⁹⁴¹. El término se usó ciertamente de manera más amplia a finales del siglo XVII, pero es más equívoco que útil.

Descartes, de quien se ha dicho que fue el fundador de la filosofía mecánica, nunca se describió en texto impreso alguno como un filósofo mecánico; dice que todas las leyes mecánicas son leyes físicas o naturales (lo que Galileo había demostrado), pero no que todas las leyes de la naturaleza sean leyes mecánicas: no describe la naturaleza como un sistema mecánico. Sí que emplea el término «filosofía mecánica» una vez, en una carta (en 1637), cuando se refiere a «la filosofía más bien grasienta y mecánica»; en otras palabras, el tipo de filosofía que tendría un constructor de carretas. Contestaba a un crítico que había descrito su filosofía como «basta y algo grasienta» y «excesivamente bruta y mecánica», es decir, demasiado física (tal como podríamos decir nosotros) para que contara siquiera como filosofía. Descartes escribió: «Si mi filosofía le parece excesivamente bruta porque considera formas, tamaños y movimientos, como ocurre en mecánica, está condenando lo que yo pienso que merece elogio por encima de todo, y de lo que me siento

⁹⁴¹ Sobre la filosofía mecánica, Boas, «The Establishment of the Mechanical Philosophy» (1952); y Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture* (1961), traducido de un original holandés publicado por primera vez en 1950.

particularmente orgulloso»⁹⁴². (También Leonardo había decidido que ser un filósofo mecánico, en este sentido, debería ser motivo de orgullo)⁹⁴³.

El término «filosofía mecánica lo acuñó Henry More (un catedrático de Cambridge y admirador de Platón de toda la vida) en 1659, después de la muerte de Descartes, en el curso de un ataque al cartesianismo, que antaño había defendido de manera entusiasta⁹⁴⁴. More quería defender la idea de que espíritu y propósito son activos en la naturaleza y rechazar la afirmación cartesiana de que los procesos naturales carecen de alma, que la materia es pasiva y que todo lo que ocurre (dejando aparte las elecciones libres de Dios, los ángeles y los hombres), ocurre por necesidad. Fuera de Inglaterra el término se adoptó lentamente: la primera referencia al mismo en latín es en las *Disputationes* («Debates») de Samuel Parker de 1678, y en francés en las *Nouvelles de la république des lettres* («Noticia de la república de las letras», 1687), de Pierre Bayle⁹⁴⁵. En inglés había una alternativa: Robert Boyle inventó el término «la filosofía corpuscular» en 1662, que comprendía tanto el atomismo antiguo como la nueva teoría corpuscular de Descartes⁹⁴⁶. «La filosofía

⁹⁴² Berkel, *Isaac Beeckman* (2013), 83 y n. 42.

⁹⁴³ Véase arriba, p. 41.

⁹⁴⁴ More, *The Immortality of the Soul* (1659), prefacio (b7r). More había dado anteriormente la bienvenida al cartesianismo como una «fortificación sobre la teología» para defenderla de los ataques de los ateos: McGuire y Rattansi, «Newton and the "Pipes of Pan"» (1966), 131. El estudio clásico de More y Descartes es Webster, «Henry More and Descartes, Some New Sources» (1969).

⁹⁴⁵ Parker, *Disputationes de Deo et providentia divina* (1678), 64; y Bayle (ed.), *Nouvelles* (1684), vol. 2, 753

⁹⁴⁶ Boyle, *A Defence* (1662), prefacio (*1v) = Boyle, *The Works* (1999), vol. 3, 9; Boyle, *Experiments and Considerations Touching Colours* (1664), prefacio (A4r) = Boyle, *The Works*

corpúscular» y «la filosofía mecánica» son así dos términos en competencia exactamente para lo mismo; de hecho, la primera aparición de ambos términos en francés es en una referencia a *la philosophie mécanique ou corpusculaire* (1687; cuando Boyle fue traducido dos años después, la frase que se empleó fue «la philosophie des corpuscules»⁹⁴⁷).

Así es como Walter Charleton, que escribía en 1654, resumió lo que pronto se llamaría filosofía mecánica. Todo lo que dice lo podía haber dicho Descartes:

Consideramos que las leyes generales de la naturaleza, por las que produce todos sus efectos, por la acción de una cosa y la pasión de otra, tal como puede colegirse por varias de nuestras disertaciones precedentes, son estas: 1) que cada efecto ha de tener su causa; 2) que ninguna causa puede actuar como no sea por movimiento; 3) que nada puede actuar sobre un objeto distante, o sobre alguno que no esté realmente presente, ya sea por sí mismo o mediante algún instrumento, y esto ni conjunto ni transmitido; y en consecuencia que ningún cuerpo puede mover a otro como no sea por contacto mediato o inmediato, esto es, por la mediación de algún órgano continuado, y también por uno corpóreo, o solo por sí mismo.

(1999), vol. 4, 7: «filosofía corpúscular». Véase también Power, *Experimental Philosophy* (1664), prefacio (b2r): «los filósofos atómicos y corpúsculares».

⁹⁴⁷ Boyle, *Nouveau traité* (1689), portada.

Después de haber sentado su definición, Charleton continúa atacando los conceptos tradicionales de simpatía y antipatía, y aduce que tienen que ser reconceptualizados en términos mecánicos:

Considerado lo cual, será muy difícil no reconocer como necesario que cuando se dice que dos cosas o bien se *atraen* y se *acogen* una a otra por *simpatía* mutua, o se *repelen* y *evitan* una a otra, por *antipatía* mutua, que ello se realiza de la misma manera y por los mismos medios por los que observamos que un cuerpo atrae y sujeta a otro, o que un cuerpo rechaza y evita unirse a otro, en todas las operaciones sensibles y mecánicas. Si se permite esta pequeña diferencia, resulta que en operaciones grandes y *mecánicas* la atracción o repulsión es realizada por instrumentos *sensibles*; pero en estas representaciones más finas de la naturaleza, llamadas *simpatías* y *antipatías*, la atracción o la repulsión se hace de manera sutil e *insensible*.

Ello significa que Charleton ahora sabe, en principio, cómo funcionan la simpatía y la antipatía:

Los medios empleados en toda atracción y terminación común y sensible de un cuerpo por otro, cualquier hombre puede observar que son ganchos, líneas o algún instrumento intermedio continuo desde el atrayente al atraído; y en toda repulsión o disyunción de un cuerpo en relación a otro, se usa alguna pértiga, palanca u otro órgano intercesor, o algo explotado o descargado desde el

*impelente al impulsado. Por lo tanto, ¿por qué no podemos concebir, que en cada atracción curiosa e insensible de un cuerpo por otro, la naturaleza emplea algunos finos ganchos, líneas, cadenas o instrumentos intercesores parecidos, continuos desde el atrayente al atraído; y asimismo que en cada repulsión o separación secreta, la naturaleza emplea determinados pequeños impulsos, pértigas, palancas o instrumentos proyectantes parecidos, continuos desde el cuerpo repelente al repelido? Porque, aunque dichos instrumentos sean invisibles e imperceptibles, no por ello hemos de llegar a la conclusión de que no existan en absoluto*⁹⁴⁸.

Esta filosofía mecánica, tal como la describió Charleton, habría tenido todo el sentido para Lucrecio, pero habría encontrado totalmente intrigante el nombre, porque los romanos no consideraban que pértigas y ganchos fueran máquinas, como tampoco los consideramos nosotros: son las máquinas simples de los matemáticos. Pero la idea romana de una máquina no era la de Charleton ni la nuestra. La fuente clave para el conocimiento de la maquinaria romana es *De architectura [Sobre la arquitectura]*, de Vitruvio, que describe máquinas usadas en la construcción y en la guerra. Cuando Vitruvio escribía sobre una máquina (*machina* en latín) empleaba la palabra para significar algo bastante diferente a

⁹⁴⁸ Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* (1654), 343-344.

lo que nosotros entendemos. Un andamio es una máquina. Una escala de asalto es una máquina. Una torre sobre ruedas construida para acercarse a los muros del enemigo y escalarlos es una máquina. Una plataforma sobre la que se sitúan espectadores es una máquina. Las máquinas romanas no funcionan necesariamente en el sentido de mover cosas, ni tienen necesariamente partes móviles. Su característica común es que son estructuras sustanciales diseñadas para ser estables. Así, un cabrestante con una polea es una máquina, pero parece que lo que hace que sea una máquina es que está sostenido sólidamente. Un fundíbulo es una máquina, pero lo que hace que sea una máquina no es que lanza grandes piedras, sino que está hecho de grandes vigas de madera sólidamente amarradas entre sí. El sinónimo más cercano a *machina* era *fabrica*, un término que a menudo puede traducirse como «estructura». Cuando Lucrecio habla acerca de la máquina del mundo (*machina mundi*) lo hace en el contexto de discutir la disolución de nuestro universo. Cuando nuestro mundo acabe, su estructura se deshará. La máquina del mundo es, así, la estructura estable de nuestro universo: los cielos, la tierra y los cuatro elementos. Todos ellos desaparecerán cuando el universo llegue a su fin y nazca uno nuevo⁹⁴⁹.

Encontramos de nuevo la frase *machina mundi* en Tertuliano (160-225) y san Agustín (354-430), con lo que aparece a lo largo de toda

⁹⁴⁹ Popplow, «Setting the World Machine in Motion» (2007): un artículo del que he tomado mucha información.

la filosofía medieval (en Sacrobosco, por ejemplo), aunque el texto de Lucrecio se había perdido y no se redescubrió hasta 1417^{cccxiii}, pero esto no implica un conjunto conectado de partes móviles, un sistema de engranajes o un tren movido por energía. Traducirlo como «máquina del mundo» es traducirlo mal. La mejor traducción al inglés es quizá una frase de John Wilkins de 1675 que a buen seguro quería ser el equivalente inglés: «esta estructura visible a la que llamamos el mundo»⁹⁵⁰.

§ 2.

Naturalmente, con el tiempo el significado original de la frase de Lucrecio se perdió; a medida que las máquinas cambiaban, el significado de la frase de Lucrecio cambió con ellas. Aquí fue crucial el reloj. Uno de los propósitos originales de los primeros relojes fue modelar el movimiento de los cielos, no solo dar la hora. Así, en 1364 (unos sesenta años después de la invención del mecanismo de la rueda de escape que hizo posible el reloj mecánico) Giovanni de' Dondi construyó en Padua un *astrarium* (un estrellario, o planetario) que mostraba la hora, los movimientos del sol, la luna y otros planetas, y los días que eran fiestas religiosas. Parte de su objetivo era demostrar que el sistema ptolemaico era una representación exacta de cómo funcionan realmente los cielos y no

⁹⁵⁰ Wilkins, *Natural Religion* (1675), 62. Véase la fórmula de John Dee en 1563 «la enorme estructura de este mundo», citado en Bennett (1986), 10.

solo un modelo matemático⁹⁵¹. Por lo tanto, era natural afirmar que, puesto que un reloj modela los cielos, los cielos son como un reloj. Hasta donde sabemos, esta afirmación la hizo por primera vez Oresme en 1377, siete años después de la erección de un reloj en el Palais Royal en París: el movimiento de las esferas, dijo, era quizá como «un hombre que construye un reloj y que deja que este funcione y se mueva por sí mismo»⁹⁵². Implícitamente, estaba diciendo que Dios podía ser como un relojero. Collingwood tiene razón: «Fue un paso fácil hasta esta proposición: un relojero... es a un reloj... como Dios es a la naturaleza». Pero ningún autor medieval comparó el universo a algo tan burdo como un molino; y la comparación de Oresme estaba limitada de manera muy prudente: Oresme comparaba el movimiento circular de los cielos a las ruedas de un reloj que giraban, no todo el universo a un reloj; no pensaba que los relojes fueran máquinas y no usó la metáfora del reloj para demostrar la existencia de Dios. Oresme no tenía intención alguna de exponer una filosofía mecánica, porque vivía en un mundo de formas platónicas y aristotélicas; de hecho, acabó por aceptar la opinión convencional de que las esferas celestes estaban gobernadas por inteligencias espirituales.

Sin embargo, alrededor de 1550 los comentaristas de Vitruvio (que escribían en latín) empezaron a mostrar insatisfacción con su

⁹⁵¹ Shank, «Mechanical Thinking» (2007), 19-22. Sobre los planetarios, véase King y Millburn, *Geared to the Stars* (1978).

⁹⁵² Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), vol. 1, 404.

explicación de lo que es una máquina⁹⁵³. Querían incluir ruedas hidráulicas y relojes entre las máquinas (por primera vez) y dar prominencia a la maquinaria impulsada. (Griegos y romanos tenían muy pocas ruedas hidráulicas y carecían de relojes, de ahí su falta de interés en la maquinaria impulsada). Así, la idea moderna de la máquina nació al dar un nuevo significado al término latino *machina*. Esta nueva interpretación de lo que es una máquina significó que ahora, por primera vez, se clasificaba como máquinas a los autómatas, es decir, dispositivos que se mueven por sí mismos (incluidos los relojes).

Hacía tiempo que los relojes tenían pequeñas estatuas que salían del reloj o se movían para señalar el tiempo: la campana que indicaba la hora solía ser golpeada por la figura de un hombre con un martillo: un *jacquemart* o, en inglés, un *jack*. A veces aparecían estatuas de la Virgen María y el Niño, y los tres reyes desfilaban junto a ellos; o bien salían heraldos mecánicos que tocaban trompetas. El reloj del interior de la catedral de Estrasburgo (construida por primera vez en 1352-1354) fue el ejemplo más famoso de un reloj complejo de este tipo. Por ejemplo, en la parte superior tenía un gallo dorado que batía las alas, abría la boca, sacaba la lengua y cacareaba para señalar el mediodía⁹⁵⁴. El reloj de cuco moderno es una versión simplificada de estos mecanismos «automáticos». Uno de los más elaborados fue el mecanismo de

⁹⁵³ Poplow, «Setting the World Machine in Motion» (2007), 57.

⁹⁵⁴ Bedini, «The Role of Automata» (1964), 29-30.

repetición inventado en 1676: si se tiraba de un cordel el reloj daba el último conjunto de horas y cuartos; en otras palabras, el reloj respondía si se le preguntaba la hora (una capacidad que principalmente estaba dirigida al uso en la oscuridad).

Un ejemplo particularmente importante del nuevo concepto de la máquina lo proporcionan *Les Raisons des forces mouvantes* («Las razones de las fuerzas motrices», 1615), del protestante francés Salomon de Caus⁹⁵⁵. De Caus se interesaba únicamente por mecanismos móviles, ya fueran impulsados por la presión del aire (diseñó un primitivo motor de vapor), por flujo de agua o por pesos que descendían. Por ejemplo, inventó un organillo: un órgano que, como una pianola, tocaba música automáticamente según la información que transmitían las agujas de un tambor giratorio. Construyó fuentes complejas, con grutas que contenían pájaros mecánicos que cantaban. Pero también describió máquinas para bombear agua, aserrar madera y realizar otras tareas industriales. Al construir fuentes ornamentadas y pájaros cantores seguía precedentes clásicos; pero los griegos y los romanos no tenían nada que decir acerca de martillos y sierras impulsados, acerca de autómatas que realizaban tareas mecánicas más allá de la potencia de un ser humano.

De Caus es importante porque cuando Descartes escribía acerca de máquinas, es en particular en estas máquinas en las que pensaba, y es De Caus quien transmite la nueva terminología del latín al

⁹⁵⁵ De Caus, *Les Raisons des forces mouvantes* (1615).

francés, y a través de Descartes al inglés⁹⁵⁶. Antes de leer a Descartes en 1637, los ingleses llamaban *engines* a las máquinas complejas, no *machines*⁹⁵⁷. (La palabra *engine* procede del latín *ingenium*, que significa inteligencia, de la que derivamos ingenioso; en inglés el término significaba «astuto» antes de que se usara para un dispositivo ingenioso). De modo que cuando More inventó el término «filosofía mecánica» desempeñaba su papel en la importación de la nueva terminología al inglés⁹⁵⁸. *Engine* y *machine* tienen todavía significados superpuestos como consecuencia de la influencia de Descartes en el idioma inglés^{cccxiv}.

El propio Descartes diseñó autómatas, y quizá los construyó: diseñó una mejora en el mecanismo de relojes pero también un acróbata sobre cuerda floja, animado por imanes, y una instalación en la que un perro salta sobre una perdiz, que sale volando. Incluso hay un relato de que se construyó una mujer; convencido de que esta máquina viva tenía que estar habitada por un diablo, el capitán de un barco del que Descartes era pasajero la lanzó por la borda cuando su barco se hallaba en medio de una tormenta⁹⁵⁹.

⁹⁵⁶ Baltrusaitis, *Anamorphoses* (1955), 37.

⁹⁵⁷ Power sigue prefiriendo «motor» a «máquina»; y Boyle usa «motor» con mucha mayor frecuencia de la que usa «máquina», como en «motor neumático» (la bomba de aire) y «motor vivo» (los seres vivos). La dificultad del cambio lingüístico se refleja en el uso frecuente que hace Boyle de la frase «motor mecánico», como si los hubiera de algún otro tipo. Sobre «motor», véase Carroll, *Science, Culture and Modern State Formation* (2006), 30-32.

⁹⁵⁸ En el *OED* *engine* (motor) 6a es de 1538, y *mechanical* (mecánico) 5a (2.º ejemplo) es de 1579-1580; pero *machine* (máquina) 6b es de 1659 (traducción del francés de Cyrano de Bergerac); *mechanism* (mecanismo) 2a es de 1665; y *automaton* (autómata) 2b es de 1664; estos dos últimos ejemplos están influidos evidentemente por Descartes.

⁹⁵⁹ Mayr, *Authority, Liberty y Automatic Machinery* (1986), 63; y Gaukroger, *Descartes: An Intellectual Biography* (1995), 1.

La afirmación de Descartes, notable y novedosa, expresada por primera vez en *Le Discours de la méthode*, era que los animales son autómatas, es decir, máquinas complejas capaces de moverse por sí mismas. Parecen tener alguna cualidad adicional a la que llamamos «vida» o «inteligencia», pero en realidad realizan simplemente rutinas predeterminadas, como el gallo del reloj de la catedral de Estrasburgo. El alma, afirmaba Descartes, es única de los seres humanos racionales; los animales no tienen alma ni capacidad de razonar. (Los aristotélicos habían distinguido tres tipos distintos de alma, vegetativa, animal y racional, y por lo tanto no tenían ningún problema en reconocer que los animales tenían una especie de alma). Cuando Descartes describe algo en la naturaleza como una máquina, siempre tiene presentes las entidades biológicas. Negaba que los animales hubieran sido diseñados; pero se mueven (como las máquinas de De Caus) y se reproducen, de modo que, una vez que existen, sus complejas estructuras no tienen que ensamblarse de nuevo desde cero.



Un folleto sin fecha del siglo XVIII que anunciaba una exhibición de tres de los autómatas de Vaucanson: el flautista, el tamborilero y el pato que digería. Se desconocen los mecanismos internos del pato, a pesar de varios intentos de construir réplicas. (Bibliothèque Nationale de France).

Si los animales son máquinas y nada más que máquinas, entonces para los cartesianos debe seguirse que el cuerpo humano, que es evidentemente parecido al cuerpo de un simio, funciona como una máquina, y a los médicos cartesianos les encantaba estudiar la

anatomía humana como un ejemplo no de un sistema mecánico engranado, sino de un sistema hidráulico del tipo que animaba las fuentes y los organillos de De Caus. Si el cuerpo humano es una máquina, ha de tener una fuente energética, que es quizá la razón por la que Descartes quería pensar en el corazón como una máquina térmica y no como una bomba (De Caus había hecho funcionar fuentes calentando el agua mediante lentes por las que pasaba la brillante luz solar); describirlo como una bomba plantea simplemente la pregunta de qué produce la energía que acciona la bomba. Pero, desde luego, una vez se hubo afirmado que los animales son máquinas, había solo un pequeño paso hasta aducir que los seres humanos también son máquinas, y con ello la adopción de un materialismo sistemático de un tipo que hubiera sido anatema para Gassendi, Descartes, Boyle y Newton. *L'Homme Machine* («El hombre máquina», 1748), de Julien Offray de La Mettrie, es una consecuencia lógica de este tipo de pensamiento mecanicista intransigente⁹⁶⁰. El reto planteado por Descartes, desde luego, era construir un autómatas que pudiera comportarse como un animal. Cien años después, Jacques de Vaucanson (1709-1782) construyó un pato mecánico que podía andar, graznar, comer y defecar⁹⁶¹.

Descartes no piensa que el universo sea como un reloj porque en su opinión el espacio exterior está lleno no de las esferas de cristal de

⁹⁶⁰ La Mettrie, *La Mettrie's «L'homme machine»: A Study* (1960).

⁹⁶¹ Riskin, «The Defecating Duck» (2003); Schaffer, «Enlightened Automata» (1999); y Standage, *The Turk: The Life and Times of the Famous Eighteenth-century Chess-playing Machine* (2002).

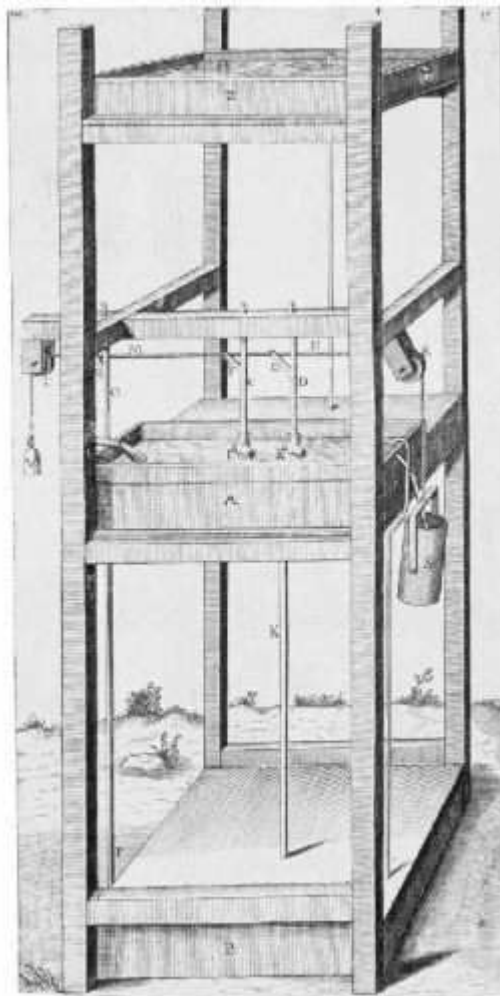
la astronomía ptolemaica, ni de los engranajes y palancas de las máquinas de De Caus, sino de vórtices líquidos que transportan a los planetas en sus órbitas alrededor de las estrellas⁹⁶². Sin embargo, sí que dice que comprender el universo es comparable al problema de entender un reloj. Si se observa un reloj desde el exterior se puede decir que hay un mecanismo que hace girar las manecillas. Se puede llegar a la conclusión de que las manecillas son impulsadas por un peso que descende. Pero podrían serlo igualmente por un muelle (o estar reguladas por un péndulo; pero Descartes murió antes de la invención del reloj de péndulo). Solo se puede decir exactamente lo que ocurre si se desmonta el reloj⁹⁶³. Descartes piensa que gran parte de nuestra comprensión de la naturaleza es así: podemos conseguir una explicación convincente de cómo podrían funcionar las cosas, pero no podemos saber con seguridad que así sea como funcionan realmente, porque el mecanismo nos es invisible; oculto no porque esté oculto dentro de una caja, sino porque es demasiado pequeño para verlo. La esperanza inicial era que el microscopio pudiera hacer visible lo invisible, y lo hizo, por ejemplo, cuando mostró de qué manera una mosca podía subir por una hoja de vidrio. Pero no podía mostrar el mecanismo que hace que la luz se refleje o se refracte, o las partículas que causan los olores⁹⁶⁴. Descartes creía que a veces

⁹⁶² Mayr, *Authority, Liberty y Automatic Machinery* (1986), 64; Schuster, «Waterworld» (2005).

⁹⁶³ Laudan, «The Clock Metaphor and Probabilism» (1966).

⁹⁶⁴ *Pace Power, Experimental Philosophy* (1664), prefacio (b2r), que pensaba que podría ver átomos.

pueden construirse experimentos para permitir una elección segura entre posibilidades (así, podemos experimentar con una vasija esférica llena de agua y demostrar cómo se produce un arco iris), pero esto no siempre puede ser posible: en opinión de Descartes, los experimentos de vacío de Pascal no servían para eliminar la posibilidad de un pleno.



La máquina autorregulable de De Caus para elevar agua, de La Raison des forces mouvantes (1615). (Special Collections University of Glasgow. Glasgow).

La metáfora del reloj es, pues, usada por Descartes para producir un argumento epistemológico acerca de los límites de nuestra comprensión, en lugar de como una analogía de cómo funciona realmente el universo^{cccxv}.

Una vez que un reloj se ha puesto en marcha, realiza automáticamente sus tareas, pero no puede regularse a sí mismo. Si va demasiado deprisa, no puede reducir su ritmo, ni ponerse en hora si va demasiado lento. Sin embargo, una de las máquinas de De Caus tiene un refinado mecanismo de regulación⁹⁶⁵. La máquina está diseñada para emplear el peso del agua para hacer subir medio depósito de agua mientras el otro medio lo equilibra bajando. Consta de tres depósitos a diferentes niveles. Para que la máquina funcione, dos válvulas han de estar cerradas cuando el depósito inferior está lleno; esto se consigue teniendo un desagüe que llena una tolva; cuando la tolva se vacía, un peso cierra las válvulas. Las máquinas que se autorregulaban eran muy raras en el siglo XVII (unos años después, Cornelis Drebbel diseñó una incubadora para huevos de gallina con un termostato para regular la temperatura) y la de De Caus podía haber sido la primera desde que Herón de Alejandría diseñó el regulador flotante, que todavía utilizamos en los depósitos de agua y en las cisternas de los aseos⁹⁶⁶. No se hacen comunes hasta finales del siglo XVIII: métodos para hacer que las

⁹⁶⁵ De Caus, *Les Raisons des forces mouvantes* (1615), libro 1, problema 6.

⁹⁶⁶ Mayr, *Authority, Liberty y Automatic Machinery* (1986), 190-193, que se olvida de De Caus.

válvulas se abrieran y cerraran automáticamente en el momento oportuno resultarían cruciales más adelante para el funcionamiento de las máquinas de vapor (las aspas que hacen que un molino gire con el viento es otro ejemplo sencillo). La máquina que se autorregula no es solo un paso crucial hacia una serie completa de tecnologías más avanzadas. Es el concepto fundacional de la moderna ciencia social: la teoría de David Hume del equilibrio del comercio y la concepción de Adam Smith del mercado dependen del concepto de un mecanismo de retroalimentación o regulación⁹⁶⁷. Existe un debate antiguo acerca de por qué griegos y romanos no consiguieron desarrollar una teoría general del comportamiento económico; una buena respuesta es que no tenían máquinas con mecanismos de retroalimentación, de modo que carecían de una herramienta esencial para pensar acerca de los procesos sociales⁹⁶⁸.

§ 3.

De modo que el atomismo clásico, revisado y reconstruido en el siglo XVII por Gassendi, Descartes y otros, explicaba la naturaleza en términos de partículas que interactuaban. A partir de 1659, los ingleses solían llamar a esto «la filosofía mecánica», aunque Boyle introduciría pronto los términos mucho menos confusos de «la filosofía corpuscularia» y «la filosofía corpuscular». (Finalmente, el término «filosofía mecánica» se exportó al francés, lo que causó

⁹⁶⁷ Mayr, *Authority, Liberty y Automatic Machinery* (1986), 155-180; Wootton, «Liberty, Metaphor and Mechanism» (2006).

⁹⁶⁸ Finley, «Aristotle and Economic Analysis» (1970).

confusión incluso entre los cartesianos). Átomos y corpúsculos no son máquinas, pero su acción está determinada por el tamaño, la forma y la dureza, exactamente igual que lo es la interacción entre las partes de un reloj. Los discípulos de Gassendi (como Charleton en Inglaterra) y de Descartes (como Henry Power) disentían en muchas cosas, pero estaban de acuerdo en que había que favorecer las explicaciones corpusculares para los procesos naturales. Boyle y Newton los seguían en esto, aunque no insistían en que todo fuera susceptible de explicación corpuscular (de hecho, la teoría de la gravitación de Newton resultó ser la gran excepción, y al final destruyó la filosofía corpuscular de la que había nacido).

Un argumento muy distinto era la afirmación de que el universo ha sido diseñado para servir a un propósito, como un reloj o cualquier otra máquina compleja, y que por lo tanto demuestra la existencia de Dios. Descartes no emplea este argumento. Su universo difícilmente puede describirse como «diseñado», al ser el resultado de permitir que leyes muy básicas operen en la práctica, y no es tanto mecánico como fluido: implica vórtices y otros flujos líquidos, no ruedas dentadas ni engranajes. Se ha dicho que el argumento moderno a favor del diseño aparece por primera vez en John Wilkins, uno de los fundadores de la Royal Society, en *Of the Principles and Duties of Natural Religion*, publicado póstumamente in 1675⁹⁶⁹. Según dicho argumento, podemos decir que el universo tiene un creador porque solo un agente externo pudo haberlo

⁹⁶⁹ Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), 82-83.

diseñado y construido para que sus distintas partes sirvan a sus funciones específicas. Un aristotélico nunca podría argumentar así: el propio Aristóteles no creía que el universo tuviera un creador, y sus sucesores medievales creían que la intencionalidad era parte del tejido mismo de la naturaleza^{cccxvi}. Wilkins, sin embargo, no es el primero en utilizar este argumento, porque puede encontrarse en Henry More en 1668, y antes de More en un jesuita holandés de principios del siglo XVII que estaba interesado por las probabilidades, Leonardus Lessius, en 1631⁹⁷⁰.

Al seguir la pista de este argumento a través de dichos textos, resulta aparente que es una variación de un argumento mucho más antiguo, que a veces se denomina el teorema del mono infinito: la afirmación de que un mono que pulsara al azar el teclado de una máquina de escribir durante toda la eternidad acabaría por producir las obras de Shakespeare. Una refutación de este argumento, en esencia, puede encontrarse en Cicerón, aunque desde luego sin máquinas de escribir ni Shakespeare. Cicerón rechazó la afirmación de los atomistas de que el universo es producto del azar, diciendo:

No puedo comprender que quien considere posible que haya ocurrido esto no piense también que, si un número incontable de copias de las veintiuna letras del alfabeto, hechas de oro o de lo que deseéis, se introdujeran todas en algún receptáculo y después de agitarlas se lanzaran al suelo, sería posible que produjeran los

⁹⁷⁰ More, *Divine Dialogues* (1668), 20-28; y Lessius, *Rawleigh, His Ghost* (1631), 27-41; sobre Lessius, Franklin, *The Science of Conjecture* (2001), 244-245.

Annales de Ennio, ya totalmente preparados para el lector. ¡Dudo que el azar pudiera producir siquiera un único verso!⁹⁷¹

De manera parecida, Lessius y sus sucesores dicen que si lanzas una cantidad de ladrillos al suelo, nunca obtendrás un palacio. Un libro requiere un autor; un palacio requiere un arquitecto; un reloj requiere un relojero; y el universo requiere un creador. Ya hemos visto que Kepler sugiere que incluso una ensalada requiere un cocinero⁹⁷². (Naturalmente, este argumento sería puesto en duda posteriormente por Hume y Darwin, pero durante mucho tiempo pareció irresistible).

Boyle tiene su propia versión de este argumento, que utiliza no contra los atomistas, sino contra los escolásticos. Estos, sostiene, no tienen una concepción adecuada de un dios omnipotente. De hecho, bien pudiera ser que tuviera en mente a santo Tomás de Aquino:

La diferencia entre su opinión de la agencia de Dios en el mundo, y la que yo propondré, se puede bosquejar algo diciendo que *ellos* parecen imaginar que el mundo tiene la naturaleza de una marioneta, artilugio que puede ser realmente muy artificial, pero que es de tal naturaleza que casi todos los movimientos concretos que hace el artífice (tirando a veces de un cable o cordel, a veces de otro) son para guiar, y a menudo para anular, las acciones de la máquina. Mientras que, según nosotros, esto es como un reloj

⁹⁷¹ Cicerón, *De natura deorum* (1933), 213.

⁹⁷² Arriba, p. 284.

excepcional, como puede ser el de *Estrasburgo*, en el que todas las cosas están tan hábilmente planeadas que una vez que se pone en marcha la máquina todas las cosas ocurren según el primer diseño del artífice, y los movimientos de las pequeñas estatuas, que a determinadas horas efectúan tales o cuales cosas, no requieren, como en el caso de las marionetas, la interposición particular del artífice, o de ningún agente inteligente empleado por este, sino que realizan sus funciones en ocasiones concretas, en virtud del invento general y primitivo de la máquina entera⁹⁷³.

No podemos sustituir el reloj de la versión del argumento de Boyle por un texto o un palacio (como podemos en el caso de Wilkins), porque textos y palacios son estáticos, mientras que los relojes se mueven. Su argumento es que es asombroso que en nuestro universo todo funcione según las mismas leyes generales sin que sea necesaria ninguna intervención para corregir los fallos en la maquinaria, sin que un arquero dirija la flecha. Para organizar este argumento necesita no solo un invento complejo, sino uno que se halle en movimiento continuo. Solo un reloj le sirve; de hecho, solo un reloj de péndulo, puesto que en los relojes anteriores era necesario ajustarlos constantemente. En este sentido, el argumento de Boyle es nuevo y distintivamente mecánico.

Pero el legado de la filosofía mecánica no fueron simplemente versiones modernas del argumento del diseño, que todavía se defienden ampliamente en la forma del diseño inteligente. El futuro

⁹⁷³ Boyle, *A Free Enquiry* (1686), 11-12 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 10., 448.

no residía solo en las nuevas filosofías, ya fueran mecánicas o newtonianas; también residía en las nuevas máquinas. De Caus en 1615 jugaba con una máquina de vapor muy simple, y las máquinas de vapor que funcionan requieren mecanismos de retroalimentación sencillos. Vaucanson no solo construyó un pato mecánico, también inventó una máquina que tejía brocados automáticamente. Friedrich von Knauss (1724-1789) inventó una mano mecánica que escribía sobre una hoja de papel igual que una mano viva; también construyó la primera máquina de escribir⁹⁷⁴. La Revolución Industrial dependería de las habilidades de estos hombres, habilidades con las que habrían estado familiarizados los artesanos que construyeron el primer reloj de la catedral de Estrasburgo. La Revolución Científica se inició como una revolución de los matemáticos; acabaría por convertirse en una revolución de los mecánicos. Hay una línea de ascendencia directa desde el reloj de Estrasburgo a la hiladora de husos múltiples.

Esto nos lleva de nuevo al problema con el que empezamos. El reloj de Estrasburgo se construyó a mediados del siglo XIV... pero la filosofía mecánica se inventó tres siglos después. Las máquinas no cambiaron mucho en el ínterin, pero los filósofos sí. Una vez que Lucrecio estaba disponible (se redescubrió en 1417), su concepto de la *machina mundi* podía transformarse en una idea totalmente nueva, la idea de un universo como un mecanismo de relojería. Sin

⁹⁷⁴ Bedini, «The Role of Automata» (1964), 37-39; Riskin, «The Defecating Duck» (2003), 625-629.

embargo, para que esto ocurriera no era suficiente el texto de Lucrecio. Lo que se necesitaba no eran solo nuevas máquinas, sino también un nuevo lenguaje para discutir la maquinaria. Antes de este nuevo lenguaje, los relojes podían usarse para comprender los cielos, pero no la física o la biología terrestre. Fueron los ingenieros como De Caus los que, al generalizar el concepto de un mecanismo móvil, hicieron posibles el universo como un mecanismo de relojería y el hombre mecánico.

La geografía la habían rehecho al principio del siglo XVI los marinos; la filosofía de la naturaleza la rehicieron en el siglo XVII los «matemáticos e ingenieros»⁹⁷⁵. La filosofía natural ya no era una empresa que se realizaba simplemente con pluma y papel. La bomba de aire de Boyle y el reloj de péndulo de Huygens eran máquinas filosóficas: máquinas hechas por filósofos (con la ayuda, desde luego, de técnicos), la primera para abordar un problema científico, y la segunda para personificar una teoría científica. Ayudaron a transformar la manera en que los filósofos pensaban acerca de la maquinaria, de la misma manera que la obsesión de Descartes por los autómatas produjo una nueva filosofía mecánica. Ya en el siglo XVII la revolución de los matemáticos se tornaba indistinguible de una revolución mecánica. La afirmación de Collingwood de que la Revolución Industrial «ya estaba en marcha» en el siglo XVI me parece un malentendido, porque no se habían aplicado nuevas fuentes energéticas, pero en el capítulo 14

⁹⁷⁵ Véase arriba, p. 44n.

argumentaré que, efectivamente, ya estaba en marcha a finales del siglo XVII, gracias a la aparición de un nuevo tipo de experto, el ingeniero-científico.

§ 4.

Ahora ya será evidente que Descartes y Boyle tienen lo que podemos denominar filosofías mecánicas, pero que son muy diferentes. De los tres argumentos principales que hemos distinguido (la filosofía corpuscular, animales como autómatas y el universo como un mecanismo de relojería) están de acuerdo con el primero, pero cada uno de ellos elige uno, y solo uno, de los otros dos. Los autómatas animales conducen al ateísmo si se considera que los humanos son poco diferentes de los animales, pero no si se puede demostrar (como Descartes pensaba que podía) la existencia de una mente inmaterial. La filosofía corpuscular conduce al ateísmo si se combina con la afirmación de que el universo surge del azar, pero no si este paso ulterior se bloquea, como Boyle intentó bloquearlo, mediante el argumento a partir del diseño. Descartes y Boyle confían en que pueden protegerse del ateísmo, el primero al distinguir la mente de la materia, y el segundo al considerar que el mundo natural proporciona pruebas del diseño de Dios⁹⁷⁶. El argumento de Boyle resultaría ser bastante sólido, e inspiraría una larga tradición de teólogos cristianos, como William Paley (1743-1805); hasta Darwin, no hubo una buena respuesta a aquel,

⁹⁷⁶ Mayr, *Authority, Liberty y Automatic Machinery* (1986), 57, 64-65, 92.

aunque Hume hizo lo que pudo para mitigarlo en sus póstumos *Dialogues Concerning Natural Religion* («Diálogos sobre la religión natural», 1779). Al argumento de Descartes no le fue tan bien; incluso Locke pensaba que podía existir una cosa tal como materia pensante⁹⁷⁷. Newton demostró estar en lo cierto al preguntar:

Si decimos con Descartes que la extensión es el cuerpo, ¿no ofrecemos de forma manifiesta un camino al ateísmo, tanto porque la extensión no es creada sino que ha existido eternamente, como porque tenemos una idea absoluta de ella sin ninguna relación con Dios, y así en algunas circunstancias sería posible que concibiéramos la extensión al tiempo que imagináramos la no existencia de Dios? Tampoco la distinción entre mente y cuerpo en esta filosofía [cartesiana] es inteligible, a menos que al mismo tiempo digamos que la mente no tiene ninguna extensión en absoluto, y por lo tanto no se halla sustancialmente presente en ninguna extensión, es decir, no existe en parte alguna; que parece lo mismo que negar la existencia de la mente. Y de ahí que no sea sorprendente que surjan los ateos adscribiendo esto a sustancias corpóreas que pertenecen únicamente a lo divino⁹⁷⁸.

⁹⁷⁷ Yolton, *Thinking Matter* (1983).

⁹⁷⁸ Newton, *Unpublished Scientific Papers* (1962), 142-144 (latín en 109-110).

Muchos ateos del siglo XVIII, como D'Holbach y Diderot, tomarían su inspiración del mecanismo de Descartes y lo transformarían en un materialismo sistemático sin espacio para Dios.

La filosofía corpuscular fue absolutamente crucial para la Revolución Científica porque proporcionó una alternativa a la doctrina aristotélica de formas o sustancias, de esencias inmateriales; en consecuencia, excluyó la teleología de la naturaleza de las cosas⁹⁷⁹. Fue útil para la generación de los modelos teóricos que explicaban la presión de aire y el vacío, aunque dichos modelos fueran inaceptables para Descartes. Pero la revolución newtoniana (a la que volveremos en el capítulo 13) aseguró que pronto cesara de ser una parte fundamental de la ciencia cuando dicho concepto se heredó en los siglos XVIII y XIX. La física, la química y la biología modernas no surgen de la filosofía corpuscular, sino de su desplome. La filosofía corpuscular es, al final, un paréntesis entre el escolasticismo y el newtonismo.

Si el newtonismo destruyó la filosofía corpuscular, reforzó mucho el argumento a partir del diseño. Solo un Dios omnipotente, que creaba leyes de la naturaleza y aseguraba que estas tuvieran constantemente efecto en el mundo, podía explicar el funcionamiento de la gravedad, puesto que la gravedad no podía

⁹⁷⁹ Cook, «Divine Artifice and Natural Mechanism» (2001). La revuelta contra la teleología, aunque hizo posible los fundamentos científicos, simultáneamente destruyó el marco tradicional del discurso ético: MacIntyre, *After Virtue* (1981). Para la afirmación que incluso esto exagera la importancia de la filosofía mecánica: Chalmers, «The Lack of Excellency of Boyle's Mechanical Philosophy» (1993); Chalmers, *The Scientist's Atom and the Philosopher's Stone* (2009); y Chalmers, «Intermediate Causes and Explanations» (2012).

explicarse en términos aristotélicos ni corpusculares. El Dios de Newton no lanzaba flechas individuales a sus dianas; establecía las leyes que determinaban la trayectoria de todas y cada una de las flechas. Así, el newtonismo era concebible únicamente en el seno de una cultura que había elaborado el argumento a partir del diseño y que se había hecho dependiente del mismo. Dicha cultura era peculiarmente inglesa porque, como hemos visto, Descartes se guardó muy bien de hacer llamadas al diseño. En este aspecto, Newton es el heredero de Boyle, y exportar el newtonismo al continente dependía no solo de persuadir a los científicos del extranjero de que aceptaran la posibilidad de la acción a una cierta distancia, sino también de persuadirlos para que adoptaran el argumento del diseño.

Voltaire dijo en 1773 que los ingleses y los franceses vivían en dos mundos diferentes, el mundo de Newton y el mundo de Descartes:

Un francés que llegue a Londres, encontrará que la filosofía, como todas las demás cosas, está muy cambiada allí. Ha dejado el mundo como un pleno, y ahora encuentra que es un vacío. En París el universo se ve compuesto de vórtices de materia sutil; pero nada parecido se ve en Londres. En Francia es la presión de la luna lo que causa las mareas; pero en Inglaterra es el mar el que gravita hacia la Luna. La esencia misma de las cosas está totalmente cambiada. Nunca están de acuerdo con tu

*definición del alma, ni de la materia. ¡Qué furiosamente contradictorias son dichas opiniones!*⁹⁸⁰

Voltaire sirve para recordarnos que había más de un mundo en el que los científicos podían vivir.

Pero tanto en el mundo de Descartes como en el de Newton las leyes de la naturaleza eran inexorables, y los seres humanos habitaban un universo que, lejos de reflejar hacia ellos una imagen de sí mismos, del macrocosmo al microcosmo, parecía absolutamente indiferente a su existencia. Para ambos, el sol no era más que una estrella entre una multitud incalculable, y el universo era, si no infinito, al menos carente de ningún límite conocido. «Cuando considero la corta duración de mi vida, engullida en la eternidad antes y después, el pequeño espacio que ocupó, y que incluso puedo ver, envuelto en la inmensidad infinita de espacios de los que soy ignorante, y que no me conocen, me atemorizo... el silencio eterno de estos espacios infinitos me intimida», escribió Pascal, que había colaborado en hacer que naciera este nuevo mundo⁹⁸¹. Los significados inscritos por Dios en las formas de las cosas, la gran cadena del ser, la simpatía y la antipatía, la magia natural habían sido reemplazados por mecanismos ciegos y leyes inexorables. Incluso los animales, en opinión de Descartes, eran solo autómatas. Blake pintó a Newton jugando a ser Dios, midiendo el universo;

⁹⁸⁰ Voltaire, *Letters Concerning the English Nation* (1733), 109-111. Compárese «After Copernicus astronomers lived in a different world» (Kuhn, *Structure*, 1962, 117).

⁹⁸¹ Pascal, *Pensées* (1958), 61.

preocupado con el lenguaje matemático simplificado de las leyes de la naturaleza, ya no puede ver la complejidad y la variedad que lo rodean; la calidad se ha visto reducida a mera cantidad. Este fue el principio de lo que Weber denominó «el desencanto del mundo»⁹⁸².

⁹⁸² «Science as a Vocation» (1918): Weber, *The Vocation Lectures* (2004), 13.

Capítulo 13

El desencanto del mundo

Así, el proceso creciente de intelectualización y racionalización no implica una comprensión creciente de las condiciones bajo las que vivimos. Significa algo muy distinto. Es el conocimiento o la convicción de que solo con que quisiéramos comprenderlas, lo podríamos hacer en cualquier momento. Significa que en principio, pues, no estamos regidos por fuerzas misteriosas e impredecibles, sino que, por el contrario, podemos en principio controlarlo todo mediante el cálculo. Esto, a su vez, significa el desencanto del mundo.

Max Weber, «Science as a Vocation» (1918)⁹⁸³

§ 1.

En marzo de 1661 un caballero llamado John Mompesson, de Tedworth en Wiltshire, hizo arrestar a un músico callejero que tocaba el tambor (los mendigos tenían que poseer una licencia, y la licencia de este mendigo era falsa) y que se le quitara el tambor. Durante los dos años siguientes, aproximadamente, en la casa de Mompesson rondó un *poltergeist*⁹⁸⁴. Hubo ruidos de tamborileo,

⁹⁸³ Weber, *The Vocation Lectures* (2004), 12-13.

⁹⁸⁴ Hunter, «New Light on the "Drummer of Tedworth"» (2005).

pero también extrañas levitaciones de objetos y ruidos alarmantes. He aquí un informe típico:

El cinco de noviembre de 1662 hubo un gran ruido, y un sirviente que observó que dos pizarras en el cuarto de los niños parecían moverse, le ordenó que le diera una de ellas. Entonces la pizarra se acercó (sin que él viera que nada la movía) a un metro del sirviente. El hombre añadió: «Yo no quería cogerla con la mano», y al momento se acercó más a él. La rechazó, y de nuevo se le acercó, y así una y otra vez. Al menos veinte veces en total, hasta que mister Mompesson prohibió a su sirviente tales familiaridades. Esto ocurrió de día, y lo vio toda una habitación llena de gente. Aquella mañana dejó un olor sulfuroso tras sí, que era muy ofensivo. Por la noche el pastor, un tal mister Cragg, y varios vecinos fueron a la casa de visita. El pastor empezó a rezar con ellos, arrodillándose junto a la cama de los niños, lugar que en aquel momento era muy fastidioso y ruidoso. Durante la plegaria se retiró al desván, pero volvió tan pronto como las plegarias hubieron acabado, y después, a la vista de los presentes, las sillas andaban solas por la habitación, los zapatos de los niños fueron lanzados sobre sus cabezas, y todo lo que estaba suelto se movía por la habitación. Al mismo tiempo, un bastón de la cama fue lanzado contra el pastor, al que le golpeó en la pierna, pero de manera tan favorable que un rizo de lana no hubiera podido caer más suavemente, y se

*observó que se detuvo justo donde llegó, sin rodar ni moverse del lugar*⁹⁸⁵.

Siempre ha habido muchos cuentos de miedo y fantásticos. Este procede de *Saducismus triumphatus*, escrito por un clérigo, Joseph Glanvill, uno de los principales propagandistas de la nueva ciencia y miembro de la Royal Society desde 1664. Glanvill empezó publicando en defensa de la realidad de la brujería en 1666, y su primera versión del relato de Mompesson apareció al año siguiente en *A Blow at Modern Sadducism* («Un golpe al saduceísmo moderno»), entendiéndose saduceísmo como la negación de la realidad de los espíritus. (La versión que se acaba de citar procede de la obra póstuma *Saducismus triumphatus*, o *The Saducee Triumphed Over*, «El saduceo vencido», de 1681, que hizo imprimir el amigo de Glanvill Henry More, filósofo platonista, y que tuvo otras cinco ediciones). El propósito de *Saducismus triumphatus* era simple: Glanvill buscaba producir testimonios irreprochables (incluido el suyo), lo que él denominaba «una colección selecta de relaciones modernas», que establecieran que brujas, *poltergeists* y demonios eran hechos (el uso del lenguaje de la ciencia contemporánea era deliberado); así demostraría la realidad de un mundo de espíritus, y con ello refutaría el materialismo ateo⁹⁸⁶. Un médico, John Webster, escribió *The Displaying of Supposed*

⁹⁸⁵ Glanvill, *Saducismus triumphatus* (1681), 93-94.

⁹⁸⁶ Glanvill, *Saducismus triumphatus* (1681), 81.

Witchcraft («La demostración de supuesta brujería») contra él en 1677: Webster tuvo dificultades para obtener la licencia para publicar, pero finalmente obtuvo una del vicepresidente de la Royal Society. En el conflicto entre Glanvill y Webster la Society iba sobre seguro; sin embargo, Webster no fue elegido nunca miembro. Para Glanvill, y para otros como él, la nueva ciencia tenía la intención de servir como un baluarte contra el materialismo y el ateísmo; ser moderno y creer en la brujería iban de la mano⁹⁸⁷.

§ 2.

La palabra «moderno» (*modernus*) data del siglo VI^{cccxvii}. Es posterior al saqueo de Roma por los visigodos (410) y al establecimiento de un orden nuevo y cristiano bajo Teodorico (493-526). Entonces, la época moderna era una época de restauración, después de un largo período de catástrofe, crisis y derrumbamiento. Lo que significa «moderno» ha cambiado de siglo a siglo, y de disciplina a disciplina. Durante un milenio, aproximadamente, hubo antiguos y modernos, que correspondían *grosso modo* a paganos y cristianos. Ya en 1382 el cronista florentino Filippo Villani se refiere a los «tiempos antiguos, medios y modernos»; en 1604 se introdujo el término «medium aevum» (medievo, el precursor de «medieval»), estableciendo así la distinción entre historia antigua, medieval y moderna que sigue siendo la norma⁹⁸⁸. Otros términos aparecen y

⁹⁸⁷ Jobe, «The Devil in Restoration Science» (1981).

⁹⁸⁸ McLaughlin, «Humanist Concepts of Renaissance and Middle Ages in the Tre-and Quattrocento» (1988), 135; Considine, *Dictionaries in Early Modern Europe* (2008), 259-261.

desaparecen: «el Renacimiento» y «la Ilustración» (con el artículo definido) son términos del siglo XIX, que durante los últimos cincuenta años han ido cediendo el terreno a «moderno temprano»; los tres términos reflejan una reticencia a considerar toda la historia desde 1453 (la caída de Constantinopla) como «moderna»⁹⁸⁹. Un viajero del siglo XIX, con la Baedeker^{cccviii} en la mano, que se embarcara en un tren en una de las grandes estaciones de ferrocarril de Europa, ya no sentiría muchas cosas en común con Erasmo, que había atravesado Europa a caballo a principios del siglo XVI; en la Ilustración el único progreso desde la época de Erasmo fue la introducción del coche de caballos. La «modernidad» (una palabra del siglo XVIII), para el historiador de finales del siglo XIX empezó no con la caída de Roma o la caída de Constantinopla, sino con el horario de trenes^{cccix}. Y aquí parece que se ha quedado (al menos por el momento), porque hemos inventado el término «posmoderno» para señalar las diferencias entre nuestro mundo (el mundo de los últimos cincuenta años, aproximadamente) y el de nuestros padres, abuelos y bisabuelos.

Shakespeare empleaba la palabra «moderno» para indicar a la vez «ordinario» y «contemporáneo». No tenía un sentido lo bastante fuerte de cambio histórico para querer resaltar las características peculiares del mundo moderno, y se veía obligado a referirse indirectamente al rasgo peculiar del que era más consciente (la Reforma), por miedo a ser acusado de catolicismo. Así, cuando

⁹⁸⁹ Thomas, *The Ends of Life* (2009), 4, sobre «primeros modernos».

Lafeu, en *A buen fin no hay mal principio*^{cccxx}, dice: «Dicen que los milagros son cosa del pasado; y tenemos nuestras personas filosóficas para hacer modernas y familiares las cosas sobrenaturales y sin causa. De ahí que hagamos nimiedades de los terrores, acomodándonos al conocimiento aparente, cuando debiéramos someternos a un miedo desconocido» (II.iii.891), está atacando a la nueva doctrina protestante al decir que los milagros son cosa del pasado; pero su uso de «modernas» como sinónimo de «ordinarias» enmascara, en lugar de clarificar, su propósito. En el siglo V el saqueo de Roma señaló el fin de un mundo y el inicio de otro; lo mismo hizo el ferrocarril en el siglo XIX. Shakespeare no es consciente de vivir en un mundo distintivamente «moderno», a pesar de la brújula, la imprenta, la pólvora y el descubrimiento de América. Tenía muchas ganas de suprimir las diferencias entre la antigua Roma y su propio Londres, así como las que había entre Verona y Canterbury.

En algunas disciplinas separadas existe un sentido de lo moderno en el Renacimiento: en la pintura, en la música, en la guerra, en la literatura (en la que la literatura moderna, de la que Dante es el ejemplo supremo, se escribe en la lengua vernácula, no en latín)^{cccxxi}. Pero la idea de que había algo que podía denominarse la «época moderna», o el «mundo moderno» o los «tiempos modernos» no se estableció hasta después de la muerte de Shakespeare (1616)^{cccxxii}. Tomemos, por ejemplo, la extensa comparación entre los logros de los antiguos y los modernos publicada por Alessandro Tassoni en 1620. Tassoni es plenamente consciente de todos los

tipos de cosas que los antiguos no tenían: cetrería, por ejemplo, o la seda, o la pintura en perspectiva. Piensa que determinadas tecnologías modernas (el reloj, la brújula, la pólvora, el telescopio) representan un progreso real sobre cualquier cosa que los antiguos hubieran logrado. Pero su visión de la historia es fundamentalmente cíclica: las ganancias de una época pueden haberse perdido muy fácilmente en la siguiente. Por encima de todo, no tiene una idea de una transición decisiva en las ciencias naturales. En su discusión de la filosofía natural alaba a los modernos por no aceptar nada en función de la simple autoridad de Aristóteles y por hacer numerosos descubrimientos (en gran medida como subproducto del descubrimiento del Nuevo Mundo), pero considera que la superioridad de los griegos sobre los modernos es indiscutible. En su discusión de la astronomía se muestra bien consciente de la demostración de Brahe de que los cometas se hallan en el mundo supralunar y de los descubrimientos de Galileo con el telescopio, pero clasifica a Sacrobosco, junto a Copérnico, como moderno (de la misma manera que clasifica el reloj, junto con el telescopio, como modernos). Y alaba a Cremonini, que se había negado a mirar a través del telescopio de Galileo. Se ha dicho que Tassoni expresa una sensación de liberación del aula de la Antigüedad, pero su afirmación es simplemente que los modernos han de encontrar un lugar en el aula junto a los antiguos. No se le ocurre que puedan suplantarlos⁹⁹⁰.

⁹⁹⁰ Tassoni, *Dieci libri di pensieri diversi* (1627); Rossi, *Philosophy, Technology and the Arts*

Este capítulo trata del nacimiento de lo moderno en dos sentidos: primero, está la aparición de un nuevo sentido de la palabra «moderno» en la década de 1660 para referirse a la ciencia posgalileana. Así, en el *Plus ultra* (1668) de Glanvill, la primera sección se titula «Modern Improvements of useful Knowledge» («Modernas mejoras de conocimiento útil»), y emplea con frecuencia la palabra «moderno» («el mundo moderno», «los tiempos modernos», «la manera moderna de la filosofía», «los experimentadores modernos», «los descubrimientos modernos») para referirse a la época poscolombina^{cccxxiii}. Este es el mismo sentido de «moderno» que es la base del título de Butterfield *The Origins of Modern Science*, y refleja un uso que establecieron los contemporáneos de Newton. Así, nuestra comprensión de la palabra «moderno», cuando hablamos de ciencia, corresponde todavía a la suya, y su uso del término «los modernos» es su manera de reconocer lo que nosotros denominamos la Revolución Científica.

Segundo, está la reducción en la creencia en la magia y la brujería, que ya se vislumbra en el discurso de Lafeu, si consideramos que «moderno» significa algo más que solo «ordinario». En la época, esto se consideraba como algo nuevo y sin parangón; también esto era moderno. La Inglaterra de principios del siglo XVIII representa un momento clave en el «desencanto del mundo» de Weber. Es la

(1970), 91-93; y Hale, *The Civilization of Europe in the Renaissance* (1993), 589-590.

concepción de la modernidad de Weber lo que atrae particularmente nuestra atención hacia este aspecto de la Revolución Científica⁹⁹¹.

§ 3.

En 1704, Jonathan Swift, que más adelante sería el autor de *Los viajes de Gulliver*, publicó una pequeña sátira titulada *The Battle of the Books*. Describía una batalla entre los libros de una biblioteca, una guerra entre los antiguos y los modernos. Swift había escrito esta parodia en 1697, y para cuando apareció publicada el conflicto que satirizaba ya parecía haber terminado. El texto de Swift era burlescamente incompleto, de modo que era imposible decidir quién había salido victorioso. El conflicto, en su versión inglesa, se había desencadenado en 1690 cuando el distinguido político y diplomático sir William Temple (que empleó a Swift como su secretario en varios períodos entre 1688 hasta su muerte en 1699) publicó un ensayo en el que defendía a los antiguos frente a los modernos⁹⁹². Temple respondía a un debate que había empezado unos años antes en Francia, en el que se había afirmado que los escritos de los autores franceses del siglo XVII (que los franceses llaman ahora *l'âge classique*; el uso es aparentemente nuevo en el siglo XX) eran superiores a cualquier cosa que griegos o romanos pudieran ofrecer. En Inglaterra este debate giró sobre los méritos relativos de autores

⁹⁹¹ Walsham, «The Reformation and "The Disenchantment of the World" Reassessed» (2008).

⁹⁹² Jones, *Ancients and Moderns* (1936); y, en especial sobre los aspectos literarios, Levine, *The Battle of the Books* (1991). Sobre Wotton, Hall, «William Wotton and the History of Science» (1949); y sobre Swift, Elias, *Swift at Moor Park* (1982).

tales como Milton y Dryden, por un lado, y Virgilio y Homero, por el otro (Shakespeare todavía no había establecido una demanda para ser el mayor de todos los poetas). Los «modernos» habían adquirido una nueva confianza en sí mismos.

En esta disputa la cuestión de los méritos relativos de la ciencia antigua y moderna era al principio totalmente secundaria. Temple la trató solo tangencialmente en su ensayo; en *The Battle of the Books* de Swift retrocede de nuevo en segundo término⁹⁹³. Pero era un tema central cuando Fontenelle emprendió la defensa de los modernos contra los antiguos en Francia (1686⁹⁹⁴), y de nuevo desempeñó un papel fundamental en la principal réplica a Temple, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694; con una segunda edición ampliada en 1698), de un joven clérigo, William Wotton, quien había conseguido ser elegido miembro de la Royal Society, aunque la ciencia estaba lejos de ser su interés principal. (Se encargó a Wotton escribir sobre los primeros años de la vida de Robert Boyle; empezó el trabajo pero nunca lo terminó, porque durante un tiempo cayó en una vida de embriaguez habitual y libertinaje).⁹⁹⁵ Temple sabía muy poco de ciencia, mucho menos que Wotton, y carecía de cualquier inclinación a compensar esta deficiencia. Dejó una réplica inacabada a Wotton cuando murió en

⁹⁹³ Jones, *Ancients and Moderns* (1936), trató el debate sobre la ciencia como la cuestión central en la batalla entre los antiguos y los modernos; el énfasis lo corrigió Levine, *The Battle of the Books* (1991) y Levine, *Between the Ancients and the Moderns* (1999), pero en el proceso se perdió de vista el debate sobre la ciencia, y con él la réplica de Wotton a Temple.

⁹⁹⁴ Fontenelle, *Entretiens sur la pluralité des mondes* (1955).

⁹⁹⁵ El fragmento que sobrevivió se publicó en Hunter (ed.), *Robert Boyle: By Himself and His Friends* (1994), 111-148.

1699, en la que faltaba la discusión sobre ciencia que tenía que ser el punto crucial de su argumento. Era evidente que esperaba que algún otro, quizá Swift, escribiera dicha sección por él.

Swift publicó póstumamente este texto incompleto en 1701⁹⁹⁶. Según Swift, el pasaje siguiente estaba escrito por la mano de Temple, pero la información que hay en él, que implica un buen conocimiento de la obra de Godwin, Wilkins y otros, la suministró seguramente Swift, que estaba bien informado en cuestiones de ciencia, y de hecho acerca de cualquier tema bajo el sol⁹⁹⁷:

Lo que se ha producido para el uso, beneficio y placer de la humanidad, por todas las especulaciones idealistas de aquellos que pasan por los grandes promotores del conocimiento y del saber estos últimos cincuenta años (que es la fecha de nuestros modernos farsantes), confieso que todavía no lo he buscado, y me complacería mucho encontrar. He oído, efectivamente, las asombrosas pretensiones y visiones de los hombres, poseídos de las ideas del extraño avance del saber y de las ciencias, ya en marcha en esta época y del progreso que es probable que hagan en la siguiente. Como la medicina universal, que

⁹⁹⁶ Swift, *A Tale of a Tub* (2010), 199-200; Wootton, *A Defense of the Reflections* (1705), 14-15, 45-47; y Elias, *Swift at Moor Park* (1982), 76-77. Adviértase en especial la sugerencia de Wootton de que el uso que Swift hace del hiato era en imitación de Temple, lo que taimadamente implica que Swift pudo haber tenido a mano el texto de Temple. Para un eco del pasaje de Temple (o de Swift) en la *Battle*, véase Elias, *Swift at Moor Park* (1982), 298 (pero adviértase que la saliva era una parte importante de las actuaciones curativas de Valentine Greatrakes, que Boyle respaldaba).

⁹⁹⁷ Lynall, *Swift and Science* (2012).

curará ciertamente todo lo que toque; la piedra filosofal, que encontrarán hombres a los que no les importan las riquezas; la transfusión de sangre joven a las venas de los viejos, que los harán tan retozones como corderillos. De todo ello se derivará un idioma universal, que servirá a todos los hombres cuando olviden el suyo; el conocimiento de los pensamientos de los demás sin la penosa molestia de tener que hablar; el arte de volar, hasta que un hombre caiga y se rompa el cuello; buques de doble fondo, de los que no se perderá ninguno, a excepción del primero que se construyó; las admirables virtudes de este zumo noble y necesario llamado baba, que se acabará vendiendo, y muy barato, en las boticas; descubrimientos de nuevos mundos en los planetas, y viajes entre este y la luna, que se harán con tanta frecuencia como los viajes entre York y Londres. Cosas que un pobre mortal como yo soy, pienso que son tan fantásticas como las de Ariosto, pero sin siquiera la mitad de humor o de instrucción; porque allí, estos sabios modernos podrán saber dónde pueden encontrar, con el tiempo, sus sentidos perdidos, conservados en viales, junto a los de Orlando⁹⁹⁸.

⁹⁹⁸ Temple, *Miscellanea. The Third Part* (1701), 281-283.

Todo esto (las transfusiones, los buques de doble fondo, la comunicación sin hablar, incluso la cura mediante la baba) es bastante exacto. El conocimiento es de Swift, no de Temple.

La publicación de la *Defence* de Temple en 1701 no provocó una réplica de Wotton, porque su adversario ya estaba muerto, y en cualquier caso su ensayo carecía manifiestamente de la discusión extensa de la nueva ciencia que por sí sola habría permitido que respaldara su argumento. Pero no se tomó tan estoicamente la publicación de *The Battle of the Books* de Swift, que hacía referencias sarcásticas a su propia obra, en particular, quizá, porque ahora sospechaba que Swift había tenido un papel mayor en la *Defence* de lo que al principio parecía aparente. De modo que en 1705 publicó su propia *Defense*, junto con un ataque furibundo al *Tale of a Tub (Cuento de una barrica)* de Swift (que se había publicado junto a *The Battle of the Books*), una alegoría que interpretaba como un ataque a las creencias fundamentales del cristianismo.

Temple era un hombre de familia noble, que trataba al advenedizo Wotton con desdén apenas disimulado⁹⁹⁹. Incluso Swift, cuyo entorno era realmente modesto, desdeñaba a Wotton como alguien de linaje desconocido¹⁰⁰⁰. Temple se habría mostrado sorprendido si hubiera sabido que su nombre sería recordado principalmente porque durante un tiempo había sido el patrono de Swift, y que

⁹⁹⁹ Elias, *Swift at Moor Park* (1982), 116-120, 191.

¹⁰⁰⁰ Swift, *A Tale of a Tub* (2010), 155.

tanto él como Wotton solo serían recordados por haber dado ocasión a *The Battle of the Books* de Swift^{cccxxiv}. Porque Wotton se ha hundido en una oscuridad más profunda incluso que la de Temple. Nadie lee ahora sus disquisiciones eruditas sobre la Torre de Babel, o sobre los escribas y los fariseos. Pero, a diferencia de Temple, merece ser mejor recordado. Tuvo una comprensión excelente de la Revolución Científica; de hecho, fue el primero que exploró el campo. Entendió que tenía que ofrecer un informe de las diferencias entre las ciencias antiguas y las modernas; que tenía que analizar la contribución de la imprenta, así como del telescopio y del microscopio, a las nuevas ciencias; y que tenía que describir la manera en que una nueva actitud crítica combinada con una mejor disseminación de la información había conducido a una mayor fiabilidad tanto de los hechos como de las teorías^{cccxxv}. Su indagación de la prehistoria de la idea de la circulación de la sangre fue el inicio de la historia de la ciencia como empresa culta¹⁰⁰¹. Se solía pensar que su juicio era claramente deficiente, porque no menciona a Copérnico; ahora que se ha considerado que Tycho Brahe es el verdadero fundador de la nueva astronomía, esto parece menos culpable^{cccxxvi}.¹⁰⁰² Y es Wotton quien fue el primero en articular la idea de que la fundación de la Royal Society señala el verdadero inicio de la ciencia moderna, porque consideraba que los logros del siglo XVI habían sido principalmente destructivos («Fue la

¹⁰⁰¹ Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), 206-218; y Wotton y Bentley, *Reflections upon Ancient and Modern Learning. The Second Part* (1698), 46-53.

¹⁰⁰² Hall, «William Wotton and the History of Science» (1949), 1061-1062.

tarea de toda una época eliminar la basura»), mientras que solo en los últimos cuarenta o cincuenta años la «nueva filosofía se ha afianzado en el mundo»¹⁰⁰³.

Actualmente, dice Wotton, en su resumen final:

1. No hay argumentos que se reciban como convincentes, no hay principios que se consideren actuales, entre los filósofos célebres de la época presente, sino los que son inteligibles por sí mismos. Solo materia y movimiento, con sus diversas cualidades, se consideran en las soluciones modernas de los problemas físicos. Formas sustanciales, cualidades ocultas, especies intencionales, idiosincrasias, simpatías y antipatías de las cosas, son explotadas... porque solo son sonidos vacíos, palabras con las que ningún hombre puede formar una idea cierta y determinada.
2. La formación de sectas y partidos en filosofía... de algún modo, se deja de lado totalmente. Ya no se cree en la palabra de Descartes como no se cree en la de Aristóteles; lo único que cuentan son los hechos...
3. Las matemáticas se unen a la fisiología [es decir, la ciencia natural] no solo como ayuda para la comprensión de los hombres y para acelerar sus partes, sino como absolutamente necesarias para comprender la economía de la naturaleza, en todas sus obras.

¹⁰⁰³ Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), 3.

4. Los nuevos filósofos, como se les llama comúnmente, evitan llegar a conclusiones generales hasta no haber acopiado un gran número de experimentos u observaciones sobre aquello de que tratan; y, a medida que llega nueva luz, las viejas hipótesis caen sin ruido ni agitación¹⁰⁰⁴.

Así, Wotton tenía un análisis elaborado de la Revolución Científica, aunque no empleó este término. La había hecho posible la imprenta y la invención del telescopio; dependía de las matemáticas y de la filosofía mecánica; y se basaba en un nuevo método experimental y en el establecimiento de hechos. La nueva ciencia era diferente en clase de todo lo que había habido antes porque se basaba en el experimento y la observación, no en teorizaciones vacías, y porque reconocía que la comprensión científica continuaría cambiando a lo largo del tiempo. En 1694 ya se habían publicado los *Principia* de Newton, y Wotton tenía alguna idea de su importancia; en 1705 pudo presentar la *Opticks* de Newton como el texto ejemplar de la nueva ciencia. Ya era posible contemplar retrospectivamente la Revolución Científica, identificar a sus protagonistas distinguidos y esbozar sus principales características. Este libro pertenece directamente a la tradición establecida por mi tocayo, William Wotton.

¹⁰⁰⁴ Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), 300-301. La numeración es la de Wotton, pero las divisiones en párrafos son mías.

La última frase no es tan caprichosa como pudiera parecer, porque hacia 1700 se había desarrollado una concepción de la ciencia que desde entonces ha permanecido en gran parte inalterada, y con ella vino un relato fundamentalmente fiable de lo que había cambiado a lo largo de los doscientos años previos. En 1650 prácticamente nadie sabía cómo estudiar el mundo físico. Hacia 1700 se había establecido bien la idea de que el estudio del mundo físico tiene que ver con hechos, experimentos, evidencia, teorías y leyes de la naturaleza. Las revoluciones científicas posteriores han transformado nuestro conocimiento, pero no han fundido y vuelto a moldear nuestra idea de la ciencia.

§ 4.

Sin embargo, la idea de la ciencia moderna plantea también un conjunto de otras cuestiones que se reúnen en la frase de Weber «el desencanto del mundo». Tal como Wotton interpretaba a Swift, era Swift, el crítico de los modernos, el que era el no creyente escéptico, mientras que Wotton se presentaba como un protestante ortodoxo¹⁰⁰⁵. No muestra ninguna preocupación de que la ciencia pueda asociarse con el descreimiento. Leyendo a Wotton podemos ver que no hay conflicto entre la nueva filosofía y la fe cristiana, pero no conseguimos ningún atisbo de la naturaleza de su relación mutua, o de la relación entre la ciencia y una gama de creencias que ahora hemos rechazado como incompatibles con la ciencia, en

¹⁰⁰⁵ Wotton bien pudiera haber estado en lo cierto, «Dean Swift Hears a Sermon» (2009).

particular la magia y la brujería. El único tema que Wotton no toca es la alquimia, y aquí deja claro su propio escepticismo, aunque se expresa de manera muy cauta, quizá porque era consciente que Boyle y Newton eran versados; así se le da a Temple una oportunidad para atacar a Wotton por tener demasiadas simpatías para con los alquimistas¹⁰⁰⁶. Se nos podría perdonar por pensar que son Temple y Swift, los críticos de la ciencia moderna, los que viven en un mundo desencantado, no Wotton, su defensor.

Sobre el importante tema de la ciencia y el declive de la magia, el trabajo que ha hecho la última generación de historiadores es curiosamente de poca ayuda. En muchos aspectos, el texto clave sigue siendo *Religion and the Decline of Magic* (1971), de Keith Thomas¹⁰⁰⁷. Thomas creía que la magia tenía un doble cimiento. Por un lado, la magia representa un intento de conseguir el control sobre la naturaleza, un intento que era inevitable en sociedades que eran incapaces de proteger a sus miembros de las malas cosechas, los incendios, las enfermedades, el dolor y la muerte súbita. Así, en principio, la creencia en la magia tuvo que declinar con las mejoras en la tecnología, en particular la medicina, y los inicios de las políticas de seguros y otros métodos de reducir el impacto de desastres imprevistos. Sobre esta base, la creencia en la magia no debiera haberse reducido hasta el siglo XIX, o incluso más tarde.

¹⁰⁰⁶ Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning* (1694), 128-130; y Temple, *Miscellanea. The Third Part* (1701), 292-295.

¹⁰⁰⁷ Thomas, *Religion and the Decline of Magic* (1997); véase Macfarlane, «Civility and the Decline of Magic» (2000).

(Es cierto que la compañía de seguros Fire Office, de Nicholas Barbon, fue fundada en 1680, pero pocos se beneficiaron de sus servicios; de manera parecida, las sociedades mutuas, como los francmasones, se remontan a los inicios del siglo XVIII, pero tuvieron relativamente pocos miembros hasta el XIX).

En segundo lugar, Thomas sostenía que se identificaba a los individuos que practicaban brujería y magia demoníaca como resultado de las tensiones sociales, en particular en referencia a la distribución de la caridad. Según este argumento, la creencia en la magia demoníaca no tenía que haberse reducido hasta que hubo una mejora general en el nivel de vida, y quizá no hasta el desarrollo del estado del bienestar. Ciertamente, tanto las creencias como las tensiones seguían siendo generalizadas en la sociedad de principios del siglo XVIII. Joseph Addison, en el *Spectator* (1711), insiste en que en cada aldea hay personas de las que se cree que son brujos o brujas, y esta creencia refleja claramente tensiones sociales:

Cuando una anciana empieza a chochar y depende cada vez más de una parroquia, por lo general se la convierte en una bruja, y llena todo el país de fantasías extravagantes, indisposiciones imaginarias y sueños terroríficos. Mientras tanto, la pobre desgraciada que es la ocasión inocente de tantos males empieza a asustarse, y a veces confiesa secretos ayuntamientos carnales y familiaridades que su imaginación forma en una edad anciana y delirante. Esto con frecuencia rescinde la caridad de los mayores objetos de compasión e inspira a la gente con una malevolencia

*hacia estas pobres y decrepitas partes de nuestra especie, en las que la naturaleza humana es desfigurada por la enfermedad y la chochez*¹⁰⁰⁸.

Pero es evidente que la creencia en la brujería entre la élite educada disminuyó rápidamente a principios del siglo XVIII. El propio Addison afirmaba ser neutral en este asunto: creía en la brujería en principio, pero no en la validez de ninguna acusación concreta de brujería. Como un claro reflejo de esta ambivalencia, Jane Wenham fue condenada por brujería en 1712, pero fue perdonada y liberada. Sin embargo, no fue la única en enfrentarse a la pena capital: Mary Hickeys y su hija de nueve años fueron ejecutadas en 1716 por provocar una tempestad. Sin embargo, la legislación contra la brujería se abolió en 1736¹⁰⁰⁹. De manera algo sorprendente, los contemporáneos (Addison entre ellos) insistían en que el clero se hallaba en primera línea del nuevo escepticismo en relación a las acusaciones de brujería¹⁰¹⁰.

Parece que habría una solución clara a este enigma. Quizá no haya una explicación tecnológica o sociológica para la disminución de la creencia en la brujería a principios del siglo XVIII, pero hay una explicación alternativa inmediata. La nueva ciencia tuvo que ser la responsable. Thomas, que por lo general evita explicaciones

¹⁰⁰⁸ *Spectator*, n.º 117, 14 de julio de 1711: Addison y Steele (eds.), *The Spectator* (1712), libro 2, 189.

¹⁰⁰⁹ Bostridge, *Witchcraft and Its Transformations* (1997).

¹⁰¹⁰ Por ejemplo, Bentley, *Remarks upon a Late Discourse of Free-thinking* (1713), 33.

intelectualistas, recurre a ellas aquí. Se le ha criticado por hacerlo, sobre la base de que esto no es en realidad ninguna explicación, puesto que la nueva ciencia y el escepticismo hacia la brujería representan simplemente dos caras de la misma moneda¹⁰¹¹. No puedo ver que esta crítica tenga sentido. Piénsese en barcas amarradas en un río mareal; en marea baja, están clavadas en el fango. Se puede explicar ciertamente la subida de las barcas por la marea, aunque la subida de las barcas es en sí misma la mejor evidencia de que la marea está subiendo.

Sin embargo, si la nueva ciencia es responsable, el mecanismo está lejos de ser claro¹⁰¹². En los años posteriores a la fundación de la Royal Society en 1660, fue muy importante para un grupo significativo de miembros destacados, y para Boyle por encima de todos, establecer que la nueva filosofía era favorable al cristianismo, y no hostil. Esta fue una de las tareas fundamentales asignadas a la llamada *History* de Sprat (que apareció solo siete años después de la fundación de la Society; Sprat era un clérigo y futuro obispo, y escribió bajo la supervisión de Wilkins, que fue promovido al episcopado al año siguiente a la aparición de la *History*), como también era el objetivo clave de la *Philosophia pia* («Filosofía piadosa») de Glanvill (1671, que, a pesar del título latino, estaba escrita en inglés) y de *The Christian virtuoso* de Boyle (1690¹⁰¹³). No

¹⁰¹¹ Macfarlane, «Civility and the Decline of Magic» (2000).

¹⁰¹² Hunter, «Science and Heterodoxy» (1990); Hunter, «The Royal Society and the Decline of Magic» (2011); y Hunter, «The Decline of Magic» (2012) son fundamentales.

¹⁰¹³ Sobre Sprat, Wood, «Methodology and Apologetics» (1980).

es difícil comprender las razones para ello. Tal como hemos visto, la «filosofía corpuscularia», como la llamaba Boyle, se basaba en las enseñanzas de Epicuro y Lucrecio, que se oponían a toda religión. Thomas Hobbes, aunque no era un atomista, había desarrollado una filosofía materialista y epicúrea que se entendía de manera universal que era hostil hacia la religión. El pensamiento irreligioso estaba aparentemente extendido en las cafeterías de Londres (que aumentaron rápidamente en número después de la Restauración en 1660), aunque tenía poca expresión en textos impresos. Evidentemente, había no creyentes incluso entre los miembros de la Royal Society: de Halley se decía «que no quería pretender creer en la religión cristiana», y fue por esta razón por la que se le negó la cátedra de astronomía en Oxford en 1691; en consecuencia, se molestó al ver que la reputación de no creyente de Nicholas Saunderson (posteriormente se convirtió en el modelo del ateo ciego en la *Lettre sur les aveugles à l'usage de ceux qui voient* [Carta sobre los ciegos para uso de los que ven], de Diderot) no era impedimento para la obtención de la cátedra lucasiana de matemáticas en Cambridge en 1710¹⁰¹⁴.

Además, desde la fundación de las universidades en el siglo XII, la teología cristiana se había enseñado dentro de un marco establecido por la filosofía de Aristóteles; era natural que los defensores de la filosofía natural aristotélica acusaran a la nueva filosofía de ser

¹⁰¹⁴ Schaffer, «Halley's Atheism and the End of the World» (1977); ODNB, «Saunderson, Nicholas»; y Tunstall y Diderot, *Blindness and Enlightenment* (2011), 41-46.

contraria a la buena teología así como a la buena filosofía. Así, los miembros de la Royal Society estaban destinados a pensar que era de importancia estratégica que la nueva filosofía demostrara que era favorable a la fe cristiana; pero, desde luego, para muchos de ellos esto no era simplemente una cuestión de cálculo. Boyle era un hombre profundamente religioso que daba dinero a causas piadosas y entre las cláusulas de su testamento estaba la fundación de las Conferencias Boyle para la conversión de los no creyentes. Su insistencia en la compatibilidad de la nueva ciencia y de la fe cristiana era una expresión de sus convicciones más profundas¹⁰¹⁵. En los años inmediatamente anteriores a la fundación de la Royal Society se promovieron dos nuevos conjuntos de argumentos para la fe cristiana. Primero, estaban los argumentos cartesianos de que la mente tenía que ser inmaterial, que los seres racionales habían de tener por lo tanto un alma inmortal, y que nuestro conocimiento de Dios como un ser superior a nosotros ha de proceder de fuera de nosotros. En otros aspectos, el cartesianismo se sentía incómodo con la creencia tradicional, puesto que Descartes estaba preparado para imaginar un universo que no estaba planificado en absoluto, una vez se hubieron establecido las leyes fundamentales de la naturaleza, y a partir del cartesianismo se desarrollaron varias formas de argumento irreligioso, sobre todo por parte de Spinoza. Pero en el meollo de la filosofía de Descartes estaba este conjunto de argumentos en favor de creer. Segundo, estaba el argumento del

¹⁰¹⁵ Hunter, *Boyle* (2009).

diseño: los filósofos mecánicos, al describir que el universo es como un reloj (véase el capítulo 12), podían argumentar que era incomprensible excepto como la producción de un relojero omnipotente. Boyle ponía gran énfasis en este argumento, que se oponía a la insistencia epicúrea y lucreciana de que el universo era el resultado de un viraje aleatorio que había puesto en contacto dos átomos y había generado una reacción en cadena.

Ambos argumentos eran fundamentalmente nuevos. En la medicina tradicional, eran «espíritus» los que hacían el trabajo en el cuerpo que nosotros atribuimos a impulsos eléctricos que se desplazan a lo largo de los nervios; tales espíritus eran, podríamos decir, apenas materiales. Y en la teología, ángeles y demonios ocupaban el espacio, aunque no tenían cuerpo en el sentido convencional. Así, el mundo de los espíritus era una zona borrosa entre lo material y lo inmaterial¹⁰¹⁶. Así es como John Webster lo describe en 1677:

De la misma manera que no conocemos la naturaleza intrínseca del cuerpo, también somos ignorantes en el mayor grado de la pureza y espiritualidad de los cuerpos, y tampoco sabemos dónde terminan, y por lo tanto no podemos decir dónde fijar el inicio de un ser meramente espiritual e inmaterial. Porque de cuerpos creados en el universo hay una tan gran diversidad, y tantos tipos y grados de pureza y exquisitez, una superando a la otra, que no podemos asignar cuál de ellos se acerca más a la incorporeidad, o la

¹⁰¹⁶ Schaffer, «Godly Men and Mechanical Philosophers» (1987); y Webster, «Henry Power's Experimental Philosophy» (1967), 173-176.

naturaleza del espíritu. Así la parte vital en el cuerpo de los hombres es llamada espíritus por los médicos, en relación a los huesos, ligamentos, carne musculosa y demás... y aun así están contenidos dentro de los límites del cuerpo, y son tan realmente corpóreos como todos los demás, y lo mismo son el aire y el éter. Y estas especies visibles de otros cuerpos que son transportados en el aire y representadas ante nuestros ojos, por los que distinguimos la forma, el color, el lugar y la semejanza de un cuerpo con otro, aunque pasan por encima en cardúmenes con tan escaso título de cualidades, como si fueran simplemente nada, o cosas incorpóreas, son no obstante realmente corpóreas. De modo que si tenemos cuerpos de tan gran pureza, y se acercan tanto a la naturaleza del espíritu, no podemos decir dónde debería empezar el espíritu, porque no sabemos dónde terminan los cuerpos más puros¹⁰¹⁷.

El cartesianismo, al hacer una división nada ambigua entre lo material y lo inmaterial, dejó poco claro cómo ángeles y demonios podían estar presentes en el mundo. Mucho antes que Descartes, Reginald Scot había llegado a la conclusión de que no podía haber ningún lugar (excepto dentro de la mente) para un ser inmaterial en un mundo material. Pero a Webster, que se vio a sí mismo como seguidor de Descartes, le encantaba asegurar que ángeles y demonios eran entidades materiales, capaces de aparecer a la vista y de comunicarse, pero, como el aire, demasiado espirituales para

¹⁰¹⁷ Webster, *The Displaying of Supposed Witchcraft* (1677), 203-204.

ser tocados o retenidos¹⁰¹⁸. Incluso los seres humanos tenían no solo una mente inmaterial, sino un alma material sensible, capaz de una presencia física tras la muerte. Además, el argumento de Descartes a favor de una mente inmaterial recibió un duro golpe cuando John Locke, en su *Essay Concerning Humane Understanding* (1690), reconoció que no había una imposibilidad lógica en la idea de la materia pensante¹⁰¹⁹. Así, la distinción cartesiana entre mente y materia resultó ser menos clara y decisiva de lo que había parecido en principio.

En cuanto al argumento del diseño, era fundamentalmente distinto del argumento tomista tradicional, que sostenía que el universo estaba imbuido de propósito, y que el propósito último había que encontrarlo en Dios. Los nuevos filósofos consideraban la materia como el receptor pasivo de una conformación divina, y negaban la existencia de formas aristotélicas. Para ellos, como vimos en el capítulo 9, el argumento del diseño dependía de considerar el universo como fabricado, más que en demostrar que la propia naturaleza tenía propósito. Este argumento era mucho más robusto que la distinción mente/materia, y fue atacado sistemáticamente en los *Dialogues* póstumos de Hume. Ambos argumentos dependían así de la aceptación previa de la filosofía mecanicista o corpuscular, según la cual la materia es pasiva y siempre es afectada desde fuera.

¹⁰¹⁸ Webster, *The Displaying of Supposed Witchcraft* (1677), 147-148, 197-215.

¹⁰¹⁹ Yolton, *Thinking Matter* (1983).

Junto a estos dos argumentos, en los años entre 1653 y 1691, se desarrolló un tercero, un argumento que se basaba en el nuevo lenguaje del «hecho»¹⁰²⁰. La idea era sencilla: el cristianismo dependía de la creencia en un mundo espiritual situado más allá del mundo material. Negar la existencia de espíritus en la forma de ángeles y demonios era un paso clave hacia la negación de la existencia del alma inmortal; demostrar la existencia de espíritus revelaría la realidad del mundo espiritual. Aunque la batalla se iba a entablar sobre la cuestión de la existencia de espíritus, la suposición era que en realidad lo que estaba en juego era la existencia de Dios. Tal como lo planteó Glanvill, «Aquellos que no se atreven a decir sin rodeos, NO HAY DIOS, se contentan (para un paso claro, y como introducción) con negar que haya ESPÍRITUS o BRUJAS»¹⁰²¹. Este énfasis en fundamentar la fe en hechos indisputables no era peculiar del mundo protestante, y tiene sus orígenes antes de que se hubiera establecido el nuevo lenguaje de los hechos. En Roma, el *advocatus diaboli*, o abogado del diablo, se había establecido ya en 1587, para poner a prueba la evidencia aducida en apoyo de los milagros que se atribuían a los que se proponía para la canonización.

La nueva estrategia para la refutación del descreimiento empieza con *Antidote against Atheism* («Antídoto contra el ateísmo», 1653), de Henry More, que incluye un extenso estudio de casos de brujería.

¹⁰²⁰ Hunter, «The Decline of Magic» (2012), 405-408. Hunter explora en qué medida esta tradición sobrevivió después de 1691, pero parece que la conclusión sería: apenas.

¹⁰²¹ Glanvill, *Saducismus triumphatus* (1681), prefacio (F3r).

Glanvill, discípulo de More, se convirtió en su principal exponente. Glanvill hizo famosos ciertos casos, por encima de todos «el tamborilero de Tedworth»¹⁰²². Como contribución a esta literatura Boyle organizó la traducción del francés de *L'antidémon de Mascon* («El demonio de Mascon», 1658) y Méric Casaubon publicó el informe de las conversaciones de John Dee con ángeles o, como creía Casaubon, con demonios (1659). Boyle emprendió una investigación extensa del fenómeno de la segunda visión, que se podría describir como los inicios de la parapsicología¹⁰²³. La última obra importante que se publicó en esta tradición es *The Certainty of the World of Spirits* («La certeza del mundo de los espíritus», 1691), de Richard Baxter.

Había un problema simple con esta estrategia de establecer la existencia del mundo espiritual mediante la acumulación de testimonios de testigos fiables. Se suponía que el tipo de evidencia que sería persuasiva en el informe de un experimento de laboratorio o en un tribunal de justicia que tratara de un asesinato o un robo podría ser convincente cuando se tratara de casos de posesión demoníaca o de levitación. Esta opinión la compartía el principal adversario de Glanvill, John Webster. De hecho, es sorprendente (dado que rara vez encontramos la palabra «evidencia» en los textos de Boyle) lo frecuentemente que emplean el término «evidencia»: treinta y dos veces en Webster, sesenta y seis en la edición de 1681

¹⁰²² Hunter, «New Light on the "Drummer of Tedworth"» (2005).

¹⁰²³ Hunter, *The Occult Laboratory* (2001).

de Glanvill. Webster quería negar que hubiera evidencia fiable de pactos con el diablo, de cópula con el diablo, de familiares como gatos negros que chupaban protuberancias de la piel de la bruja, de brujas que volaban por los aires o que se transformaban en lobos o liebres. Definió la evidencia fiable como se haría en un tribunal de justicia: más de un testigo, y los testigos han de ser de mente sensata, no parciales o con prejuicios. Sobre la base de estos criterios, aceptó la fiabilidad de la evidencia de apariciones, del cuerpo del asesinado que sangraba en presencia del asesino, de la alquimia, etcétera. Así, el debate entre Glanvill y Webster no era acerca de la realidad de los demonios, sino únicamente sobre los límites de sus acciones en el mundo; y Webster creía muchas cosas que nos parecen ridículas sobre la base de la evidencia que, a ojos de Boyle y Glanvill, no era más fuerte que la evidencia de la brujería¹⁰²⁴.

¹⁰²⁴ Jobe, «The Devil in Restoration Science» (1981).



Frontispicio de la segunda parte de Saducismus triumphatus (1681), de Joseph Glanvill. De arriba a la izquierda, en el sentido de las agujas del reloj, se representa lo que sigue: el tamborilero de Tedworth (véase el apartado § 1, del capítulo 13 El desencanto del mundo); Somerset con Julian Cox; un encuentro de brujas en Trister Gate; una aparición celestial en Ámsterdam; la bruja escocesa Margaret Jackson, y la levitación de Richard Jones en Shepton Mallet. (The University of Illinois Rare Book & Manuscript Library, EE. UU.).

Sin embargo, *La Logique de Port-Royal* (1662) había reconocido que cuanto más improbable era un acontecimiento, más fuerte tenía que ser la evidencia en su favor con el fin de asegurar que fuera más improbable que la evidencia fuera falsa que no que el acontecimiento no hubiera ocurrido. Obviamente, esto presentaba un problema para la evidencia de milagros, problema al que rápidamente se refirieron la *Logique* y Locke; de hecho, probablemente fue por esta razón que el argumento tardó en ser aceptado. Pero en los primeros años del siglo XVIII este argumento de la probabilidad se aplicó con fuerza devastadora. Estaba en el centro del *Historical Essay Concerning Witchcraft* («Ensayo histórico sobre la brujería», 1718), de Francis Hutchinson (aunque Hutchinson, un futuro obispo, afirmaba con prudencia su fe en los ángeles), de donde fue adoptado, en 1722, por Trenchard y Gordon en *Cato's Letters* («Cartas de Catón»¹⁰²⁵). Y se puso en uso en uno de los panfletos generados por el famoso caso de Mary Toft, quien en 1726 afirmaba haber parido diecisiete conejos:

Supongamos que recibimos una carta de *Battersea*^{cccxxvii}, en la que se nos informa de que allí una mujer ha parido cinco pepinos, o de hecho cien cartas, ¿acaso esto haría que un hombre sensato creyera tal cosa, o en cambio que a las personas que escribieron dichas cartas se las ha querido embaucar, o que lo han querido embaucar a él? Cualquiera de estas dos cosas pueden ocurrir, y de hecho

¹⁰²⁵ Wootton, «Hutchinson, Francis» (2006); y Trenchard y Gordon, *Cato's Letters, or, Essays on Liberty, Civil and Religious, and Other Important Subjects* (1995), vol. 3, n.º 79, 2 de junio de 1722.

ocurren cada día; pero nunca se ha sabido de ninguna criatura que pariera a una criatura que en todos los aspectos fuera diferente de ella, y mucho menos cinco o diecisiete criaturas; y esta es la razón por la que un hombre de sentido común, y mucho más si es un anatomista agudo y perspicaz, debe considerar todas estas cartas con la mayor indiferencia¹⁰²⁶.

De una manera más refinada se convirtió en el argumento del ensayo de David Hume «Of Miracles» en *An Enquiry Concerning Human Understanding (Ensayo sobre el entendimiento humano)* (1748¹⁰²⁷).

Las iglesias cristianas no podían abandonar su creencia en milagros y ángeles, pero los cristianos podían desde luego retractarse de su insistencia en la realidad de la brujería, de la posesión demoníaca, de *poltergeists*, levitación y segunda visión. En realidad, como hemos visto, el clero, que había estado en la vanguardia del ejército de los que defendían la creencia en espíritus, figuraba entre los líderes de esta retractación, que ya estaba en marcha cuando se celebró el juicio de Jane Wenham en 1712. Lo que hizo posible dicha retractación fue el desarrollo de un argumento nuevo y potente para la fe religiosa.

§ 5.

¹⁰²⁶ Gulliver, *The Anatomist Dissected* (1727), 5-6.

¹⁰²⁷ Wootton, «Hume's "Of Miracles"» (1990).

En 1687 Newton publicó sus *Principia*, que establecieron su teoría de la gravitación. La gravedad implicaba acción a distancia, algo imposible según la filosofía mecánica. En el continente, la resistencia al newtonismo continuó hasta la década de 1740 e implicó a figuras intelectuales clave como Huygens, Leibniz y Fontenelle¹⁰²⁸. En Inglaterra, la importancia de los *Principia* se estableció lentamente, por la simple razón de que el libro era muy técnico: se dice que solo diez personas podían comprenderlo adecuadamente en el período que media entre su primera publicación y la muerte de Newton en 1727¹⁰²⁹.

El momento clave para la transmisión popular del descubrimiento de Newton llegó en 1692, cuando Richard Bentley impartió el primer conjunto de Conferencias Boyle. Bentley era el mayor estudioso clásico de su época, pero se convertiría también en miembro de la Royal Society¹⁰³⁰. Se había añadido a la batalla de los antiguos contra los modernos del lado de su amigo Wotton al proporcionar, para la segunda edición de las *Reflections* de Wotton, una extensa demostración de que las cartas de Falaris, que Temple había destacado como una de las joyas de la literatura clásica, eran una falsificación posterior. No había empezado con una carrera eclesiástica, pero había sido ordenado diácono en 1690 y posteriormente fue ordenado sacerdote. Al preparar sus conferencias escribió a Newton, que le contestó: «Cuando escribí mi

¹⁰²⁸ Shank, *The Newton Wars* (2008).

¹⁰²⁹ Valenza, *Literature, Language* (2009), 58.

¹⁰³⁰ Haugen, *Richard Bentley* (2011).

tratado acerca de nuestro sistema, tenía la vista puesta sobre cómo podrían operar dichos principios al considerar a los hombres por la creencia en una deidad; y nada puede alegrarme más que encontrarlo útil para dicho propósito»¹⁰³¹.

Las ocho conferencias de Bentley se publicaron con el título *The Folly and Unreasonableness of Atheism Demonstrated from the Advantage and Pleasure of a Religious Life, the Faculties of Human Souls, the Structure of Animate Bodies, & the Origin and Frame of the World* («La locura e irracionalidad del ateísmo demostradas a partir de la ventaja y el placer de una vida religiosa, las facultades de las almas humanas, la estructura de los cuerpos animados y el origen y estructura del mundo», 1693). La primera conferencia trataba de los beneficios sociales y psicológicos de la religión; la segunda, del argumento cartesiano en contra de la materia pensante; la tercera, cuarta y quinta, del diseño del cuerpo humano, y las tres últimas de la explicación newtoniana del universo. Bentley, siguiendo a Newton, planteaba un caso sencillo: la gravedad requería que Dios «informara y actuara» constantemente el universo; la gravedad era «el *fiat* inmediato y el dedo de Dios, y la ejecución de la ley divina... que de golpe, si se demuestra, socavará y arruinará todas las torres y baterías que los ateos han levantado contra el cielo». Este era «un argumento nuevo e invencible para la existencia de Dios»¹⁰³². Además, nuestro Sistema Solar no pudo haberse formado por azar,

¹⁰³¹ Newton to Bentley, 10 de diciembre de 1692: Bentley, *The Correspondence* (1842), 47; véase también Stewart, *The Rise of Public Science* (1992), 31-59.

¹⁰³² Bentley, *The Folly and Unreasonableness of Atheism* (1692), 225, 102, 277.

sino que requería la organización deliberada de sus partes componentes con el fin de crear un sistema estable. Así, podía demostrarse que una deidad benevolente había creado el universo y la humanidad.

Fueron estos nuevos argumentos los que hicieron posible un profundo cambio en la cultura tanto de los científicos como de los teólogos en los años posteriores a 1692. Los antiguos argumentos basados en el mundo de los espíritus se descartaron (en todas las Conferencias Boyle publicadas en el siglo XVIII solo puedo encontrar una referencia de pasada a la brujería) y en su lugar se introdujo una nueva teología racionalizada (tal como la consideraríamos nosotros). El cristianismo newtoniano de Bentley se presentó como una alternativa no solo (de manera implícita, si no explícita) a la creencia en la actividad demoníaca, sino también al excesivo racionalismo de los cartesianos. Aquí el blanco de Bentley era Thomas Burnet, quien en su *Sacred Theory of the Earth* («Teoría sagrada de la Tierra», latín, 1681-1689; inglés, 1684-1690) había intentado plantear una explicación científica del Diluvio Universal.

Tal como hemos visto, los filósofos aristotélicos creían que la esfera de agua era diez veces mayor que la esfera de la Tierra, de modo que para ellos la incógnita no era por qué las aguas cubrieron la tierra durante el Diluvio, sino por qué no la cubrían siempre. Una vez la esfera de las aguas y la esfera de la tierra se fusionaron en una sola, parecía evidente que no había agua suficiente para cubrir toda la superficie del globo. Además, los cartesianos sostenían que el universo era un pleno: estaba lleno. De modo que si Dios decidía

crear temporalmente más agua tenía que destruir simultáneamente la materia que normalmente ocupaba el espacio en el que iba a situar el agua. Burnet encontró que esto era implausible. En cambio, emitió la hipótesis de que antaño la Tierra era una cáscara perfectamente lisa que rodeaba por completo el agua; una crisis provocó que la cáscara se resquebrajara y grandes fragmentos de esta cayeron bajo las aguas, creando así la Tierra tal como la conocemos hoy en día. El argumento de Burnet fue recibido con un horror generalizado; tal como dijo Herbert Croft, el obispo de Hereford, «Esta manera de filosofarlo todo a partir de causas naturales, me temo, convertirá todo el mundo en una mofa»¹⁰³³. Bentley, basándose en obras tales como *The Wisdom of God Manifested in His Works of Creation* («La sabiduría de Dios manifestada en sus obras de creación», 1691), de John Ray, insistía en que la Tierra había sido creada desde el principio con océanos y puertos para el beneficio de la humanidad. En consecuencia, el Diluvio tenía que considerarse como un verdadero milagro, no un mero suceso natural que resultó coincidir con un exceso de la depravación humana¹⁰³⁴.

De modo que, desde un punto de vista, el argumento de Bentley era una nueva declaración del cristianismo tradicional, mucho más conservador, por ejemplo, que *A New Theory of the Earth* (1696), de William Whiston, que desarrollaba el relato de Newton del cosmos

¹⁰³³ Croft, *Some Animadversions* (1685), 40-41.

¹⁰³⁴ Stewart, *The Rise of Public Science* (1992), 33-37, 41, 67-73.

para aducir que el Diluvio fue el resultado del paso cercano de un cometa. Pero en argumentos acerca de diablos y brujas, Bentley estaba del lado de los radicales, como es aparente a partir de su ataque posterior a uno de los grandes textos irreligiosos de principios del siglo XVIII, el *Discourse of Freethinking* («Discurso del librepensamiento», 1713), de Anthony Collins. En sus *Remarks upon a Late Discourse of Freethinking* («Observaciones sobre un ulterior discurso del librepensamiento», 1713), Bentley, que se ocultaba bajo el pseudónimo de Fileléutero (amante de la libertad), deja claro que no cree en la brujería como no cree Collins, y se refiere con aprobación a *The Enchanted World* («El mundo encantado», 1691), de Balthasar Bekker, un influyente ataque a la creencia en la brujería y la posesión demoníaca, publicado originalmente en holandés, y a una obra de Samuel Harsnett, probablemente la *Declaration of Egregious Popish Impostures* («Declaración de las indignantes imposturas papales») de 1605. Harsnett había estado muy influido por Reginald Scot, y estaba dispuesto a demostrar que casos de supuesta posesión demoníaca eran en realidad fraudes deliberados. Así, Bentley, como indica su elección del título, está dispuesto a enfrentarse a los librepensadores sobre el mismo terreno, al menos en lo que tiene que ver con la brujería, al tiempo que defiende a la Iglesia establecida.

La principal importancia de las *Remarks* de Bentley para los fines actuales reside en la explicación que ofrece para la disminución de la creencia en la brujería:

En los tiempos oscuros antes de la Reforma, no porque fueran papistas sino porque eran ignorantes, cualquier enfermedad extraordinaria que presentara síntomas raros, desvaríos o convulsiones extraños, ingestión o egestión absurda, era atribuida por la ignorancia de los poderes *naturales* a lo *diabólico*. Esta superstición era universal, desde las cabañas a la misma corte; y no fue injertada por el clero, sino que está implantada en la naturaleza humana: ninguna nación está exenta de ella; ni en el *Paradise* de nuestro autor de *Nueva Jersey*, donde todavía no han puesto los pies los *sacerdotes*. Y si las nuevas eras se tornan ignorantes, esta superstición no digo que volverá, sino que surgirá de nuevo. ¿Qué es, pues, lo que ha reducido en *Inglaterra* vuestros relatos de encantamientos? No ha sido la *secta creciente* [de los librepensadores], sino el crecimiento de la filosofía y la medicina. No gracias a los ateos, sino a la Royal Society y al College of Physicians; a los *Boyle* y *Newton*, los *Sydenham* y los *Ratcliffe*. Cuando las gentes vieron las enfermedades que habían imputado a brujería, completamente curadas por un curso de física^{cccxxviii}, también ellos se curaron de su anterior error: aprendieron la verdad por el *acontecimiento*, no por una posición falsa *a priori*, de que no existía bruja, ni diablo, ni Dios¹⁰³⁵.

Adviértase el cuidado con el que Bentley formula su opinión: la negación sistemática de la creencia en bruja, demonio y Dios es la posición falsa del ateo; el rechazo de la creencia supersticiosa de

¹⁰³⁵ Bentley, *Remarks upon a Late Discourse of Free-thinking* (1713), 33-34.

que la brujería causa enfermedades es la posición correcta del filósofo. El ateo argumenta «a priori»; el filósofo argumenta «por el *acontecimiento*», en otras palabras, por experiencia. Es seguro que Bentley no creía que Boyle, Newton, Sydenham y Ratcliffe hubieran atacado directamente la creencia en la brujería, y probablemente sabía que Boyle había estado totalmente a favor de tal creencia. Más bien lo que creía es que, cualesquiera que fueran sus intenciones, las nuevas ciencias había socavado las creencias crédulas. La nueva actitud ante la evidencia, que Sprat había alabado como «este talante investigador, escrupuloso, incrédulo», había animado un escepticismo general de los milagros, providencias y brujerías. De la misma manera que cada vez se asumía de manera más general que Dios operaba según sus «leyes conocidas y permanentes», no mediante milagros, así también se creía que el diablo operaba a través de las tentaciones ordinarias del vicio, no por los medios extraordinarios de la posesión y el encantamiento¹⁰³⁶. Así, Bentley es un defensor de la tesis de Thomas: una tecnología mejorada para habérselas con la enfermedad, combinada con un mejor conocimiento científico, creencia debilitada en la magia y la brujería. A un lado coloca el saber, y en el otro la superstición. (Desde luego, no había una tecnología mejorada para tratar las enfermedades, pero es evidente que Bentley creía que la medicina estaba haciendo grandes progresos, aunque ahora su fe parece injustificada).

¹⁰³⁶ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 362, 360.

No era el único en suponer que el progreso de la ciencia destruía las creencias supersticiosas. De hecho, la erosión de las creencias tradicionales ya hacía un cierto tiempo que se producía. Lo primero que sufrió el ataque fue la creencia en hadas y duendes (que, según Reginald Scot, habían desaparecido en gran parte entre la gente educada en la década de 1580); después le había tocado el turno a la doctrina de las simpatías^{cccxxix}; y a esta le había seguido la creencia en prodigios (formas extrañas en las nubes, soles dobles y triples, cometas, nacimientos monstruosos), que se creía, como en la antigua Roma, que presagiaban alguna catástrofe. En *A Discourse Concerning Prodigies* («Un discurso sobre los prodigios») de 1663, John Spencer había afirmado que la filosofía natural era la cura adecuada para la superstición:

Es la naturaleza de todo conocimiento ofrecer una especie de fuerza y presencia de mente al hombre, pero especialmente de filosofía; esto nos asegurará, como de las rocas del ateísmo porque nos conducirá a advertir alguna primera causa, en la cual toda la segunda gradualmente asciende y finalmente se resuelve. Asimismo desde los estantes de la superstición, porque nos dará a conocer las segundas causas; porque la fantasía es propensa a sugerir ideas muy monstruosas y supersticiosas de aquellas cosas cuyas causas y naturaleza desconocemos; todas las cuales vuelan (como las sombras del crepúsculo) ante los rayos inminentes del conocimiento. La filosofía nos conduce (como los hombres a

*los caballos) cerca de las cosas hacia las que nos dirigimos, y nos da una visión clara y completa de lo que antes nos asustaba, y con ello de las vergüenzas, locuras y debilidades de nuestros temores previos*¹⁰³⁷.

El ataque a los prodigios formaba parte de un programa más extenso posterior a la Restauración para socavar el «entusiasmo» (en particular la creencia en la inspiración inmediata por el Espíritu Santo), con la convicción de que solo podía conducir al conflicto civil¹⁰³⁸. Así, Sprat había querido destacar la tendencia de la nueva ciencia a moderar las «extravagancias» de los que creían en providencias y maravillas:

Imaginemos pues a nuestro filósofo, que tiene toda la lentitud de la creencia y el rigor de la prueba, que algunos califican erróneamente de ceguera de la mente y dureza del corazón. Supongamos que no tiene deseo alguno de conceder que ninguna cosa exceda la fuerza de la naturaleza, pero que una evidencia total lo convence. Concedamos que siempre está alarmado, y con la guardia preparada, ante el ruido de cualquier acontecimiento milagroso, no sea que su juicio se vea sorprendido por los engaños de la fe¹⁰³⁹.

El entusiasmo, según la opinión de Sprat, al hacer falsas afirmaciones de intervención divina en el mundo, ofrecía simplemente rehenes al escepticismo. Era necesario reducir a la

¹⁰³⁷ Spencer, *A Discourse Concerning Prodigies* (1663), 76.

¹⁰³⁸ Burns, «Our Lot is Fallen into an Age of Wonders» (1995); Burns, *An Age of Wonders* (2002).

¹⁰³⁹ Sprat, *The History of the Royal-Society* (1667), 360.

mínima expresión la fe, hasta un conjunto de creencias fundamentales con el fin de hacerla justificable.

El valor clave que ocupó el lugar de la piedad crédula fue la cortesía, que era la gran preocupación de los escritores de finales del siglo XVII e inicios del XVIII. Spencer ya refleja esta nueva preocupación cuando redescrive el cristianismo como sigue:

Pero aquellos que hablan de cualquiera de tales expresiones vehementes de la divinidad y las buscan ahora [como ocurrió en el Antiguo Testamento], confunden el talante y la condición de esta economía bajo la cual nos puso la aparición de nuestro Salvador; razón por la que todas las cosas han de ser gestionadas de una manera más sosegada, fría y silenciosa, de una manera adecuada y expresiva del talante que nuestro Salvador descubrió en el mundo, que no hizo que su voz se escuchara en las calles; y de la condición de un ser razonable que ha de ser gestionada mediante argumentos firmes y calmados, y que las palabras de la sabiduría se oigan en silencio; que los misterios del Evangelio surjan revestidos de formas de hablar sosegadas e inteligibles; las mentes de los hombres no son atraídas al éxtasis por ninguno de los ejemplos vehementes y grandes del poder y la justicia divinos como los que atienden al estado del mundo más bajo y servil. Los milagros que produjo nuestro Salvador fueron de una naturaleza calmada y gentil (curar a los ciegos, restablecer

*a los enfermos y tullidos, no provocar tormentas ni tempestades, como Samuel, sino apaciguarlas)*¹⁰⁴⁰.

Sería fácil pensar que la brujería pertenecía también a una dispensa más primitiva, inapropiada en esta nueva época sosegada, fría, silenciosa y razonable. El argumento de Spencer es desde luego ambiguo (tiene que ser ambiguo) en cuanto a cuándo el «estado del mundo más bajo y servil» llegó a su final. ¿Fue realmente con el nacimiento de nuestro Salvador? ¿O fue quizá con la Reforma, o incluso con la Restauración?

¹⁰⁴⁰ Spencer, *A Discourse Concerning Prodigies* (1663), 11-12 (los corchetes son de Spencer).



Credulidad, superstición y fanatismo. (1762), de Hogarth. Se representan alrededor de una docena de casos de brujería y superstición. Entre ellos, el tamborilero de Tedworth se halla sobre el termómetro de la derecha (el propio termómetro se sitúa sobre un ejemplar del libro de Glanvill), mientras que en primer plano Mary Toft da a luz a gazapos. (Heritage Images/Getty Images, Londres).

Entre 1653 y 1692 muchos de los nuevos filósofos se preocupaban de reivindicar su ortodoxia mostrando su creencia en ángeles y demonios, aun cuando estos argumentos encajaban mal con el

mundo sosegado y cortés que, en otros aspectos, aspiraban a ocupar. Después de 1692 el newtonismo ofrecía un argumento alternativo viable para la fe, el argumento del equilibrio de probabilidades, que se esgrimió, primero contra la brujería y después finalmente contra los milagros (con la *Free Enquiry*, «Indagación libre», de Middleton de 1747 y el ensayo de Hume de 1748). Los argumentos para creer en la magia y en la brujería se abandonaron en gran parte. Pero, con el tiempo, el terreno intermedio que personas como Sprat y Bentley habían pensado ocupar entre la superstición y el racionalismo se hallaba cada vez más asediado, y el péndulo empezó a moverse hacia el otro lado. Cuando los milagros del evangelio fueron atacados (al menos de manera implícita), lo que recientemente se había considerado como superstición volvió a ser respetable. Hogarth representa este nuevo mundo en *Credulidad, superstición y fanatismo*. (1762) Una mezcla, que, además de satirizar acontecimientos contemporáneos, se remonta hasta el principio del siglo, cuando estas opiniones se habían expresado últimamente: Mary Toft pare conejos; un ejemplar del libro de Glanvill está apilado con los sermones de Wesley bajo el termómetro del fanatismo, y sobre el termómetro se halla el tamborilero de Tedworth. Una era de escepticismo daba paso a una nueva especie de entusiasmo.

§ 6.

Así, en términos simples, Bentley tenía razón: la nueva ciencia socavó la creencia en la magia y la brujería, de la misma manera

que socavó la creencia en la astrología y la alquimia. Pero este proceso no fue directo. Entre 1653 y 1692 la creencia en la brujería y la práctica de la alquimia iban a menudo de la mano con la nueva ciencia y, si la nueva ciencia acabó por demostrarse incompatible con ambas, esto fue para muchos una consecuencia accidental, no planeada, de la nueva filosofía. Solo después de 1692 empezó a afianzarse con seguridad un nuevo racionalismo; y cuando dicho racionalismo recibió el ataque constante de John Wesley, el resultado no fue su derrota sino la aparición, por primera vez, de dos culturas, de la ciencia por un lado y de la fe por otro.

Porque lo que es notable acerca de Wotton y Bentley es que eran simultáneamente teólogos y defensores de la nueva ciencia, mientras que Swift, que se burlaba de ambos en *The Battle of the Books*, era un clérigo que conocía tanta ciencia como ellos. En Inglaterra, científicos y clérigos habitaban todavía una cultura común, y no había división entre ellos cuando se trataba de creer o no creer en la magia y la brujería. Siendo clérigos con un interés por la ciencia, Wotton y Bentley eran típicos entre los primeros defensores del newtonismo. Muchos de los líderes del partido newtoniano eran clérigos: John Harris, autor del *Lexicon technicum* (1704); Samuel Clarke, conferenciante Boyle y defensor de Newton frente a Leibniz; James Bradley, profesor saviliano de astronomía en Oxford y astrónomo real; William Derham, autor de *Physico-Theology* («Teología física», 1713), que tuvo numerosas ediciones y traducciones; William Whiston, el sucesor de Newton como profesor lucasiano de matemáticas en Cambridge, etcétera. Los no creyentes

(y había muchísimos) estaban por lo general más interesados en los estudios clásicos que en la ciencia contemporánea; publicaban libros con títulos tales como *The Two First Books of Philostratus, Concerning the Life of Apollonius Tyaneus: Written Originally in Greek, and now Published in English: Together with Philological Notes upon each Chapter* («Los dos primeros libros de Filóstrato, sobre la vida de Apolonio de Tiana. Escritos originalmente en griego, y publicados ahora en inglés, junto con notas filológicas en cada capítulo», Charles Blount, 1680); la mayor parte del ataque de Bentley a Collins se plantea a propósito de una disputa sobre la interpretación de un pasaje de Cicerón. Las líneas de batalla del siglo XIX todavía no se habían establecido.

Hacer y rehacer la cultura común que unía a clérigos, matemáticos, constructores de instrumentos y aristócratas como James Brydges, duque de Chandos, y George Parker, segundo conde de Macclesfield, requería un esfuerzo constante¹⁰⁴¹. Podemos distinguir cuatro componentes de proyecto. Primero, había necesidad de proporcionar una educación newtoniana en las universidades: el primer manual de física newtoniano fue *Introductio ad veram physicam* («Introducción a la física verdadera», 1701), de John Keill, que compitió con la adaptación de Samuel Clarke de la *Physica* (1697) de Rohault, en la que el cartesianismo de Rohault se vio inundado constantemente por el comentario newtoniano de Clarke a

¹⁰⁴¹ Es evidente que este proceso puede leerse en términos habermasianos: Broman, «The Habermasian Public Sphere» (1998).

medida que una edición sustituía a otra. El propio Newton fue simplificado por Willem's Gravesande, primero en inglés (1720) y después en latín (1723); y más simplificado todavía por John Pemberton en su *A View of Sir Isaac Newton's Philosophy* («Una interpretación de la filosofía de sir Isaac Newton», 1728). Segundo, el cristianismo newtoniano tenía que ser defendido contra sus críticos, con trabajos tales como *Geometry No Friend to Infidelity* («La geometría no es amiga de la infidelidad», 1734), de James Jurin. Después, tenía que hacerse que el newtonismo fuera accesible popularmente. La *New Theory* de Whiston (1696) fue la primera exposición detallada y popular de los argumentos de los *Principia*, pero fue seguido rápidamente por obras tales como *Cosmologia sacra* («Cosmología sagrada», 1701), de Nehemiah Grew, *The Young Gentleman's Astronomy* («La astronomía del joven caballero», 1718), de Edward Wells, *Astronomical Dialogues between a Gentleman and a Lady* («Diálogos astronómicos entre un caballero y una dama», 1729), de John Harris, *The Elements of Sir Isaac Newton's Philosophy* («Los elementos de la filosofía de Newton», 1738), de Voltaire, y *Sir Isaac Newton's Philosophy Explain'd for the Use of the Ladies* («La filosofía de sir Isaac Newton explicada para el uso de las damas», 1739), de Francesco Algarotti; este libro fue publicado en treinta ediciones en seis idiomas.

La aparente obsesión con la educación de las damas deriva en parte de la imitación de los *Dialogues* de Fontenelle (en Francia las mujeres tenían un lugar central en la cultura del *salon*) y en parte del ejemplo de Émilie du Châtelet, la compañera de Voltaire, que era

una matemática competente y tradujo los *Principia* al francés (1756¹⁰⁴²). Incluso a Voltaire, que evitaba el diálogo entre un filósofo y una dama, una forma que había popularizado Fontenelle, le gustaba imaginar que su libro era leído por una mujer refinada en su tocador. Y es seguro que tuvo algunas lectoras de este tipo; Voltaire se escribía con Laura Bassi, la primera mujer que obtuvo un grado de la Universidad de Bolonia (1732), y la primera que enseñó allí. Bassi ocupaba una cátedra de física, y enseñaba naturalmente la física de Newton¹⁰⁴³. En Inglaterra fue la dramaturga Aphra Behn la que tradujo a Fontenelle, y la poetisa Elizabeth Carter la que tradujo Algarotti, de modo que la audiencia femenina era algo más que ficticia¹⁰⁴⁴.

Estos tres componentes de la campaña en favor del newtonismo adquirieron velocidad con el tiempo. Una medida sencilla de esto es contar los libros en los que el nombre de Newton aparece en el título: el período máximo transcurre claramente entre 1715 y 1745. Cuando Samuel Johnson, en su ensayo sobre «The Vanity of Authors» (1751), escribió «Cada nuevo sistema de la naturaleza da origen a un enjambre de comentaristas, cuya función es explicarlo e ilustrarlo, y que no pueden esperar existir más tiempo del que el fundador de su secta conserva su reputación», daba por sentado un

¹⁰⁴² Du Châtelet, *Selected Philosophical and Scientific Writings* (2009).

¹⁰⁴³ Findlen, *A Forgotten Newtonian* (1999); y Cieslak-Golonka y Morten, «The Women Scientists of Bologna» (2000).

¹⁰⁴⁴ Valenza, *Literature, Language* (2009), 78-86; y Feingold, *The Newtonian Moment* (2004), 119-141.

estado de cosas que era totalmente nuevo¹⁰⁴⁵. Nadie había popularizado los sistemas de la naturaleza antes de los *Entretiens sur la pluralité des mondes* (1686), de Fontenelle; los newtonianos adoptaron y adaptaron las técnicas de los cartesianos con el fin de hacer que un sistema intelectual mucho más abstruso y complejo estuviera a disposición de una audiencia de masas. En el proceso buscaban no solo preservar la idea de una cultura común que compartían todas las personas educadas, sino también adaptar dicha idea a una nueva era de libros baratos, comunicación de masas y alfabetización casi universal.

Y esto no era todo. La mejor manera de comunicar la filosofía experimental era haciendo posible que la gente viera experimentos realizados. John Harris dio conferencias públicas, acompañadas de experimentos, en Londres de 1698 a 1707, y enseñaba «los principios de la verdadera filosofía mecánica». Pronto estaba compitiendo con James Hodgson, Francis Hauksbee el Viejo y Humphrey Ditton. En 1713, William Whiston (que había sido expulsado de Cambridge en 1710 por sus opiniones heréticas) empezó a dar conferencias y a hacer demostraciones en Londres. En enero daba lecciones desde su casa, y también con Francis Hauksbee el Viejo; en primavera daba conferencias y hacía demostraciones con Francis Hauksbee el Joven (sobrino de Francis Hauksbee el Viejo) en Crane Court, sobre matemáticas en la cafetería de Douglas y en la cafetería de Marine. El mayor de los

¹⁰⁴⁵ Johnson, «The Vanity of Authors» (1752), 53.

conferenciantes populares era John Theophilus Desaguliers (otro clérigo newtoniano, aunque prestaba poca atención a sus deberes clericales y mostraba pocas señales de convicción religiosa), que empezó a dar conferencias y a hacer demostraciones en Londres en la primavera de 1713 y publicó sus *Physico-Mechanical Lectures* («Conferencias físicomecánicas») en 1717. En 1734 había impartido 121 cursos, no solo en Londres sino también en giras provinciales y en los Países Bajos, y podía jactarse de que, de la docena aproximadamente de conferenciantes profesionales del circuito, ocho habían sido educados por él. Efectivamente, los cursos de conferencias estaban disponibles en muchos lugares: en Newcastle, en Spalding, en Scarborough, en Bath¹⁰⁴⁶.

Sería fácil imaginar que Newton, en razón del nivel intelectual al que operaba, produjo una nueva profesionalización de la ciencia, de modo que esta se convirtió en una actividad esotérica en la que solo podía participar una élite¹⁰⁴⁷. Pero lo cierto es lo contrario. Desde finales del siglo XVII, mediante sermones y conferencias, mediante manuales populares y diálogos dramáticos, la nueva ciencia se diseminó a una audiencia más amplia que nunca en el pasado. Si desempeñó un papel a la hora de desencantar al mundo, lo hizo precisamente porque era inculcada de manera efectiva entre la gente culta, clérigos y laicos, hombres y mujeres. El enigma

¹⁰⁴⁶ Wigelsworth, *Selling Science in the Age of Newton* (2011), 147-174; Jacob y Stewart, *Practical Matter* (2004), 61-92; Stewart, *The Rise of Public Science* (1992), 94-182; y Carpenter, *John Theophilus Desaguliers* (2011).

¹⁰⁴⁷ Valenza, *Literature, Language* (2009), indica que «la misma dificultad fue traducida por sus seguidores en un producto comercial» (55).

histórico real, podríamos pensar, no es esta pérdida de la creencia en brujas y demonios en el siglo XVIII, sino el progresivo reencantamiento del mundo en el siglo XIX.

Capítulo 14

Saber es poder

No concedería un valor tan alto como tengo por la fisiología si pensara que solo puede enseñar a un hombre a dialogar con la naturaleza, pero no a domoñarla; y que sirviera solo, con especulaciones placenteras, a entretener su saber sin aumentar en absoluto su poder.

Robert Boyle, Some Considerations (1663)¹⁰⁴⁸

§ 1.

¿Cuál es la relación entre la Revolución Científica y la Revolución Industrial, entre la revolución de los matemáticos y la revolución mecánica? La afirmación con la que se inició este libro, que la Revolución Científica es el acontecimiento más importante desde la Revolución Neolítica, depende de nuestra respuesta a esta pregunta; porque si la Revolución Científica fue simplemente un acontecimiento en el mundo de las ideas, su importancia es relativamente limitada, mientras que si abrió el camino a un nuevo control sobre la naturaleza, entonces la Revolución Industrial puede verse como una mera extensión de la Revolución Científica, la extensión de los procedimientos, el lenguaje y la cultura de la nueva ciencia a un estrato social más amplio de técnicos e ingenieros. No hay duda de que Bacon y sus seguidores aspiraban a transformar el

¹⁰⁴⁸ Boyle, *Some Considerations* (1663), vol. 2, 3 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 2, 64.

mundo mediante su nueva ciencia. A mediados del siglo XVIII la *History of the Royal Society* de Birch llevaba como epígrafe una cita de Bacon: «La filosofía natural tal como yo la entiendo no se desliza hacia especulaciones sublimes y sutiles, sino que se aplica efectivamente para mitigar los inconvenientes de la condición humana»¹⁰⁴⁹. El lema de la Académie des Sciences francesa, fundada en 1666, era «Naturae investigandae et perficiendis artibus» («la investigación de la naturaleza y la mejora de la tecnología»), cambiado en 1699 al más conciso «Invenit et perficit» («progreso mediante el descubrimiento»).

Ahora es fácil encontrar ingenuas algunas de las expresiones de entusiasmo de los primeros científicos: así, Ambroise Sarrotti, que había llegado a Inglaterra acompañando a su padre, Paolo, el embajador veneciano (1675-1681), volvió a casa para organizar una sociedad científica que realizó experimentos con el vacío^{ccccxx}. Al final del primer año anunció con orgullo a sus colegas: «Si, desde el inicio del mundo, toda la humanidad unida pudiera haber hecho cada año tanto como vosotros solos habéis hecho este último año, viviría ahora tan feliz en este mundo como en un paraíso terrestre»¹⁰⁵⁰. Y esto, a pesar de que no habían descubierto nada que sirviera para nada. No es sorprendente, por lo tanto, que no todos estuvieran convencidos de la utilidad práctica de la nueva

¹⁰⁴⁹ Bacon, *Works* (1857), vol. 1, 500 (traducción mía).

¹⁰⁵⁰ Citado en Papin, *A Continuation of the New Digester* (1687), 105.

ciencia¹⁰⁵¹. Jonathan Swift escribió el tercer libro de *Los viajes de Gulliver* (1726) con el único objetivo de negarla. Pero su ataque sugiere que dudaba mientras intentaba definir la naturaleza del enemigo. Laputa^{ccccxxi} es una isla que flota en el aire, gobernada por científicos que están tan obsesionados con asuntos matemáticos que son incapaces de prestar atención alguna al mundo que les rodea: confían en los servicios de golpeadores, que golpean sus orejas y boca con vejigas hinchadas con el fin de recordarles cuándo tenían que escuchar y cuándo hablar. Pero abajo, en Balnibarbi, la colonia sobre la que gobiernan, se ha formado una academia, a imitación de Laputa, en la que los científicos se dedican a objetivos prácticos de las maneras más imprácticas, produciendo rayos de sol a partir de pepinos e hilo a partir de telarañas. El gobernador general, que es el único que desapruueba las nuevas invenciones, le dice a Gulliver:

Que tenía él un molino muy conveniente a media milla de su casa, movido por la corriente de un gran río y suficiente para su familia, así como para un gran número de sus arrendatarios. Que hacía unos siete años fue a verle una junta de aquellos promotores con la proposición de que destruyese su molino y levantase otro en la ladera de aquella montaña, en cuya larga cresta se abriría un largo canal, para depósito de agua, que se elevaría mediante cañerías y máquinas, a fin de mover el molino; porque el viento y el aire de las

¹⁰⁵¹ Véase, por ejemplo, Thomas Shadwell, *The Virtuoso* (1676); y Carroll, *Science, Culture and Modern State Formation* (2006), 40-43.

alturas agitaban el agua y la hacían más adecuada para el movimiento, y porque el agua, bajando por un declive, movería el molino con la mitad de la corriente de un río cuyo curso se hallara más a nivel. Me dijo que no estando muy a bien con la corte, e instado por muchos de sus amigos, se avino a la propuesta; y después de emplear cien hombres durante dos años, la obra se había frustrado y los promotores se habían ido, echándole toda la culpa a él, que desde entonces tenía que aguantar las burlas, y que hicieron con otros el mismo experimento, con iguales promesas de triunfo y con igual desengaño¹⁰⁵².

No dice qué tipo de «motores» se emplearon, pero seguramente Swift tenía en mente los primeros motores de vapor, que se usaban generalmente para elevar agua. Así, en opinión de Swift, la nueva ciencia es totalmente impráctica y al mismo tiempo está obsesionada con la practicidad. Esta no es una combinación imposible (de hecho, parece describir bastante bien a Sarrotti), pero lo cierto es que es sorprendente.

Los historiadores de la ciencia no han hecho avanzar nuestro conocimiento de la relación entre la nueva ciencia y el progreso tecnológico mucho más allá de Swift. Naturalmente, los historiadores marxistas han querido argumentar que la nueva ciencia fue el resultado de las nuevas relaciones sociales. Tal como dijo en 1931 el ruso Boris Hessen (que fue ejecutado en 1936, una de las primeras víctimas de la Gran Purga de Stalin): «Paso a paso,

¹⁰⁵² Swift, *Gulliver's Travels* (2012), 257-258.

la ciencia floreció junto con la burguesía. Con el fin de desarrollar su industria, la burguesía necesitaba una ciencia que investigara las propiedades de los cuerpos materiales y las manifestaciones de las fuerzas de la naturaleza». Pero los marxistas no eran los únicos que suponían que la nueva ciencia estaba motivada por sus posibles aplicaciones prácticas: Robert K. Merton, en su estudio clásico de 1938, *Science, Technology and Society in Seventeenth-century England*, en el que destacaba el papel del puritanismo en animar el conocimiento útil, seguía a Hessen al señalar que se pretendía efectivamente que la ciencia del siglo XVII, de pies a cabeza, tuviera aplicaciones prácticas, a pesar de su propio rechazo de los supuestos marxistas de Hessen¹⁰⁵³.

Sin embargo, una serie de estudios (de los que los de Alfred Rupert Hall han sido particularmente influyentes), han afirmado demostrar que, cualesquiera que hayan sido las intenciones de los científicos, en la práctica la nueva ciencia no tuvo virtualmente influencia sobre el progreso tecnológico. Un caso de estudio clave lo proporcionó el motor de vapor de Watt (1765). Watt desarrolló su nuevo motor en Glasgow, donde Joseph Black había propuesto el concepto de calor latente (c. 1750). Posteriormente Black colaboró con Watt e invirtió

¹⁰⁵³ Hessen (1931) reimpresso en Hessen y Grossman, *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution* (2009) (citación en 56); Merton, «Science, Technology and Society» (1938); para una aproximación mertoniana, véase Webster, *The Great Instauration* (1975); y para un estudio más reciente, Westfall, «Science and Technology» (1997) (aunque no debe considerarse que Westfall sea un seguidor de Hessen: véase Ravetz y Westfall, «Marxism and the History of Science», 1981). Si la antigua sociología mertoniana de la ciencia suponía que la ciencia servía a propósitos prácticos, la nueva sociología/historia de la ciencia ha tenido muy poco que decir, sorprendentemente, acerca de la tecnología en la Revolución Científica. Así, Shapin, «Understanding the Merton Thesis» (1988), ofrece una valiosa relectura del texto de Merton de 1938 pero no presenta ningún juicio ni de la tesis de Hessen ni de la de Merton.

en su nuevo motor. ¿Estaba familiarizado Watt con el concepto de calor latente cuando concibió su nuevo motor, e informó la nueva teoría su nueva tecnología? Watt insistía en que no, y los historiadores acabaron por creer en su palabra (casi de forma reticente¹⁰⁵⁴). Se cita con frecuencia a Lawrence Joseph Henderson, quien dijo (a lo que parece en 1917): «La ciencia debe más al motor de vapor de lo que el motor de vapor debe a la ciencia»¹⁰⁵⁵. Después de todo, Sadi Carnot produjo finalmente una teoría satisfactoria del motor de vapor en 1824, más de cien años después del primer motor de Newcomen, y sesenta años después del de Watt. Hall pensaba que no «era totalmente», pero si casi cierto decir que «la ingeniería no debió nada a la ciencia» hasta muy tarde en el siglo XVIII. Thomas Kuhn creía que ciencia y tecnología fueron mutuamente antitéticas, al menos hasta la década de 1870¹⁰⁵⁶. Se podría pensar que los historiadores de la tecnología habrían querido cuestionar esta disyuntiva entre la teoría y la práctica..., pero al principio eran la misma gente que los historiadores de la ciencia¹⁰⁵⁷. El principal ataque sobre la ortodoxia establecida ha

¹⁰⁵⁴ El artículo clásico es Fleming, «Latent Heat and the Invention of the Watt Engine» (1952); para un estudio reciente, véase Miller, *James Watt, Chemist* (2009).

¹⁰⁵⁵ Esto generalmente se cita como «atribuido». En Google Books la citación aparece no atribuida desde 1957; la atribución a Henderson y la fecha aparecen por primera vez en 1963.

¹⁰⁵⁶ Hall, «Engineering and the Scientific Revolution» (1961), 337; Hall, «What Did the Industrial Revolution in Britain Owe to Science?» (1974); y Kuhn, «The Principle of Acceleration: A Non-dialectical Theory of Progress: Comment» (1969). La argumentación de Hall ya está esbozada en Conant, *Robert Boyle's Experiments in Pneumatics* (1950), 69-70.

¹⁰⁵⁷ Hall, por ejemplo, fue uno de los editores de la historia de la tecnología estándar de Oxford. Su posición se articuló primero en Hall, *Ballistics in the Seventeenth Century* (1952); véase especialmente Hall, «What Did the Industrial Revolution in Britain Owe to Science?» (1974); Hall, «Engineering and the Scientific Revolution» (1961) (contrástese con Kerker, «Science and the Steam Engine», 1961); y Singer, Hall y otros, *A History of Technology* (1954). Un ensayo

llegado en fecha reciente, y desde un ámbito inesperado: los nuevos historiadores económicos de la Revolución Industrial, que destacan la importancia de las habilidades y de la innovación técnica, de lo que llaman «la economía del conocimiento»¹⁰⁵⁸.

En esta cuestión, los nuevos historiadores económicos están en lo cierto (como resultará aparente). Pero los que afirman que la ciencia desempeñó un papel clave en la Revolución Industrial necesitan una respuesta a una pregunta sencilla y por ahora clásica: ¿qué papel desempeñó la ciencia en la invención de la máquina de vapor? Sin embargo, antes de habérmolas con este problema necesitamos desmenuzar la idea aparentemente clara de conocimiento práctico. Aquí la cuestión clave tiene que ver con la escala temporal: ¿cuánto tiempo es necesario esperar antes de descartar un logro teórico o un avance tecnológico por tener poca importancia práctica, o ninguna? Tal como Hall supone, ¿ha de ser la nueva ciencia *contemporánea* de la tecnología que deriva de ella¹⁰⁵⁹?

Tomemos la balística: inicialmente Galileo esperaba que su descubrimiento de la ley (como la llamamos nosotros) de la caída, y

clásico es Layton Jr, «Technology as Knowledge» (1974). He encontrado que Wengenroth, «Science, Technology and Industry» (2003) es útil.

¹⁰⁵⁸ Mokyr, *The Enlightened Economy* (2009); Mokyr, *The Lever of Riches* (1990); Mokyr, *The Gifts of Athena* (2004); Mokyr, «The Intellectual Origins of Modern Economic Growth» (2005); Van Zanden, *The Long Road to the Industrial Revolution* (2009); y Allen, *The British Industrial Revolution* (2009); para una comparación de Mokyr y Allen, véase Crafts, «Explaining the First Industrial Revolution» (2011). Para un estudio anterior, Musson y Robinson, *Science and Technology* (1969). Para una aproximación marxistizante, Jacob, *Scientific Culture and the Making of the Industrial West* (1997). H. Floris Cohen es casi el único entre los historiadores de la ciencia contemporáneos que destaca la contribución de la ciencia a la industria: Cohen, «Inside Newcomen's Fire Engine» (2004). Y, sin embargo, su obra principal, Cohen, *How Modern Science Came into the World* (2010), no discute el tema.

¹⁰⁵⁹ Hall, «What Did the Industrial Revolution in Britain Owe to Science?» (1974), 136.

con ella de la trayectoria parabólica de los proyectiles, revolucionaría la artillería. Cuando su discípulo Torricelli realizó pruebas prácticas para ver si la teoría de Galileo describía cómo vuelan realmente las balas de cañón, descubrió que no lo hacía: insistía en que la teoría seguía siendo buena, aunque no pudiera aplicarse a proyectiles que se desplazaban rápidamente porque no se comprendían adecuadamente los efectos de la resistencia del aire (resultó que sí que se podía aplicar a proyectiles de mortero disparados a distancias cortas y a bajas velocidades¹⁰⁶⁰). Finalmente, la balística la revolucionaron entre 1742 y 1753 Robins y Euler, con el descubrimiento de la barrera del sonido y la comprensión de los efectos de la rotación en vuelo (inducida deliberadamente, desde luego, por las estrías; pero las balas de cañón de Torricelli rodaban mientras volaban), y, como resultado con la producción de ecuaciones para el cálculo fiable de las trayectorias. La física de Galileo pretendía ser práctica pero resultó ser de poco uso práctico en su campo de aplicación más obvio. No obstante, su trayectoria parabólica idealizada en un vacío fue una precondition esencial para el análisis mucho más refinado que Robins y Euler hicieron de las trayectorias reales. La teoría de Galileo *era* práctica; solo que hizo falta todo un siglo para que diera sus frutos. Para el joven Napoleón, que era excepcionalmente bueno en matemáticas, los problemas que habían derrotado al gran

¹⁰⁶⁰ Segre, «Torricelli's Correspondence on Ballistics» (1983).

Torricelli eran, en la década de 1780, simples ejercicios escolares... pero la escuela, desde luego, era la École Militaire¹⁰⁶¹.

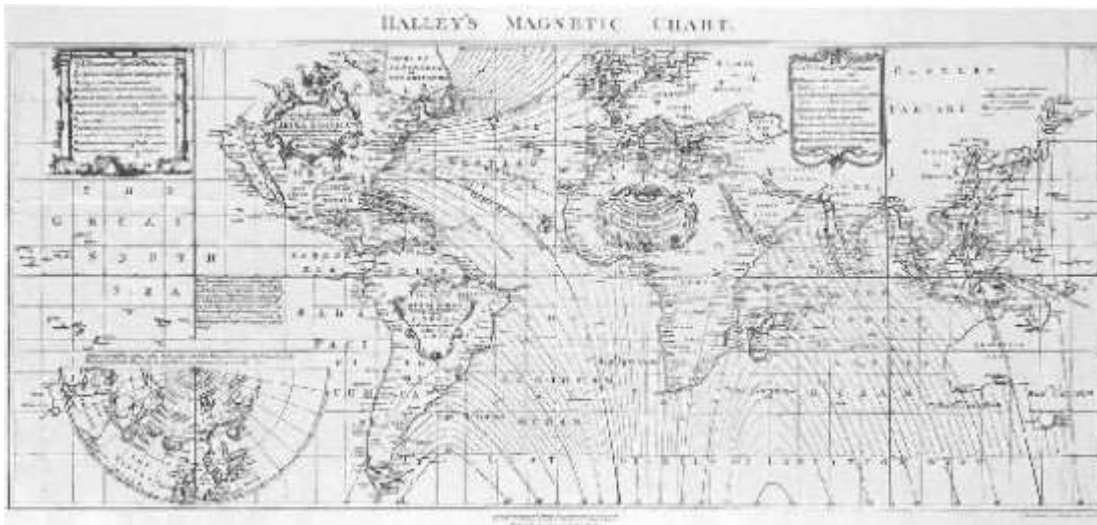
O tomemos el desafío que preocupó a Galileo durante una gran parte de su vida activa: el de establecer la longitud en el mar. Los grados al norte y al sur (la latitud) son fáciles de calcular, siempre que se conozca la fecha, a partir de la altura del sol a mediodía: los grados al este y al oeste (la longitud) son mucho más difíciles de establecer, porque no hay un punto de referencia evidente que se pueda usar. Galileo teorizó que se podrían usar los eclipses de las lunas de Júpiter (que él había descubierto en 1610) como una especie de reloj universal. Con tablas fiables que predijeran eclipses futuros, se podría establecer la hora exacta se estuviera donde se estuviese en el mundo; y si se sabía la hora local (el tiempo transcurrido desde el mediodía, por ejemplo) entonces se podía comparar la hora local con la hora en el lugar para el que se calcularon las tablas, y después calcular fácilmente los grados al oeste o al este del punto de referencia. La teoría era perfecta. Calcular los movimientos de las lunas era menos directo, pero Galileo y sus asociados hicieron arduos esfuerzos, y Galileo incluso construyó un pequeño modelo mecánico, el jovilabio, que le permitía deducir la posición de las lunas sin realizar cálculos complejos; lo habría hecho mejor, desde luego, si hubiera sabido que también era necesario considerar la velocidad de la luz, puesto que el momento

¹⁰⁶¹ Steele, «Muskets and Pendulums» (1994). Hall, con pesimismo característico, hace retroceder esta revolución hasta el siglo XIX: Hall, «Engineering and the Scientific Revolution» (1961), 334; y Hall, *Ballistics in the Seventeenth Century* (1952), 159.

en el que parece que un eclipse tiene lugar varía en función de lo lejos que esté Júpiter de la Tierra.

El problema fundamental, sin embargo, era sencillo: ¿cómo se podía mirar a través de un potente telescopio a un objeto diminuto y distante y realizar observaciones fiables mientras se estaba en un barco sacudido por las olas? Galileo diseñó un par de binoculares potentes que se fijaban a la cabeza, puesto que era difícil mantener un telescopio lo suficientemente quieto en un barco en movimiento, en lo que equivalía a una silla montada sobre una suspensión cardán en la que uno se podía sentar para observar (las brújulas ya se montaban sobre estas suspensiones universales). Resolver el problema de la longitud era un desafío reconocido internacionalmente; de hecho, los gobiernos habían prometido premios enormes para quien lo consiguiera. Galileo esperaba establecer su fama inmortal por este descubrimiento más que por ningún otro: intentó reclamar la recompensa ofrecida por el gobierno español, pero fracasó (su alumno Castelli se hizo a la mar, pero se mareó sin remedio); y en sus últimos años emprendió negociaciones clandestinas con el gobierno holandés en la esperanza de que adoptarían sus ideas y las harían funcionar en la práctica, pero no lo consiguió¹⁰⁶².

¹⁰⁶² Bedini, *The Pulse of Time* (1991); y Wootton, *Galileo* (2010), 130-131, 167, 169.



Mapa isogónico de Halley de la variación magnética, publicado en 1701. Cada línea del mapa es como una línea de nivel, pero en lugar de marcar una medida uniforme de altura, marca una medida uniforme de variación magnética. Halley había dirigido dos expediciones para realizar las mediciones en las que se basa el mapa, y se tenía la esperanza de que esto abriera el camino para emplear la variación magnética para medir la longitud. (The Art Archive, Londres).

¿O quizá sí? En 1679, la familia Cassini (que había emigrado de Italia a Francia, donde se hicieron famosos como astrónomos y cartógrafos) empleaba las lunas de Júpiter para calcular la longitud, si no en el mar al menos en tierra firme. Tales mediciones guiaron sus nuevos cálculos del tamaño de Francia (Francia resultó ser todo un 20% más pequeña de lo que previamente se había creído), y su cálculo de la forma del globo (que resultó ser buenas noticias para los newtonianos, y un golpe devastador para los cartesianos). Galileo tenía razón: las lunas de Júpiter eran una manera

prometedora de medir la longitud. Solo se tardaron sesenta años en hacer que su propuesta funcionara en la práctica, y entonces solo funcionaba si se tenían los pies en tierra firme¹⁰⁶³.

Hubo proyectos alternativos para calcular la longitud. Durante mucho tiempo se tuvo la esperanza de que medir la desviación y la inclinación de la brújula permitiría a los marinos establecer sus coordenadas. A pesar de generaciones de esfuerzos, esto resultó ilusorio, porque desviación e inclinación cambian de manera impredecible con el tiempo¹⁰⁶⁴. Al final, la manera más sencilla resultó ser la mejor: todo lo que se necesitaba era llevarse un reloj fiable en el viaje y utilizarlo para medir la diferencia entre la hora local (el mediodía local, por ejemplo) y la hora en el punto de referencia (el meridiano de Greenwich, por ejemplo).

Galileo creía que había demostrado que los péndulos dan la hora perfecta, y diseñó un reloj de péndulo (aunque no lo construyó; para cuando dirigió su atención a la cuestión estaba ciego, y su hijo, que intentaba ayudarlo, carecía de las habilidades manuales necesarias). Huygens, sin conocer la obra de Galileo, construyó el primer reloj de péndulo (1656) y refinó la ley del péndulo (1673). Mientras tanto, Robert Hooke, Huygens y Jean de Hautefeuille inventaron entre 1658 y 1674 diversas maneras de controlar una rueda de balance (que se había inventado en el siglo XIV, y era más

¹⁰⁶³ Brown, *Jean Domenique Cassini and His World Map of 1696* (1941), 39, 47, 58-60; Brotton, *A History of the World in Twelve Maps* (2012), 306.

¹⁰⁶⁴ Pumfrey, «*O tempora, O magnesi!*» (1989); véase también Waters, «Nautical Astronomy and the Problem of Longitude» (1983).

estable que un péndulo para un reloj de viaje) con un muelle de manera que los relojes pequeños pudieran dar la hora de manera fiable. Aun así, la tarea de fabricar un reloj que pudiera funcionar en alta mar estaba lejos de haberse resuelto: un reloj de este tipo tenía que permanecer preciso a pesar de cambios en temperatura y humedad, y a pesar de los movimientos de las olas. El problema no se resolvió hasta que John Harrison produjo el primer cronómetro marino fiable en 1735¹⁰⁶⁵. ¿Fueron irrelevantes los descubrimientos de Galileo, Hooke y Huygens? Ciertamente no, pero fueron insuficientes. El problema tardó más de un siglo en resolverse, pero a lo largo de dicho siglo se hizo un progreso constante hacia una solución.

El mecanismo de relojería, desde luego, no era una innovación del siglo XVII. Tal como hemos visto, los primeros relojes mecánicos se remontan a finales del siglo XIII, y su maquinaria de ruedas dentadas derivaba de las norias y los molinos de viento. Las ruedas hidráulicas, azudes o norias eran conocidas de los antiguos griegos y romanos, pero no eran en absoluto comunes; gracias a una temprana protorrevolución industrial medieval, pronto se generalizaron hacia finales del primer milenio CE. El *Domesday Book*^{cccxxii} registra más de seis mil molinos impulsados por norias en Inglaterra en 1086. Pronto siguieron los molinos de viento verticales: el primero datado con seguridad estaba en Weedley, Yorkshire, en 1185. Dado que la mayor concentración de molinos de

¹⁰⁶⁵ Sobel, *Longitude* (1995).

agua se hallaba en Inglaterra, seguramente no es una coincidencia que sea en Inglaterra donde encontramos a la vez el primer molino de viento vertical registrado y el primer reloj registrado. El vapor no superó al agua y al viento como fuente de energía hasta pasado 1830¹⁰⁶⁶; en la Laputa de Swift, como en la Inglaterra del siglo XVIII, la energía del vapor no sustituyó a la energía del agua, sino que la complementó.

No obstante, se ha dicho que las innovaciones de Galileo, Hooke y Huygens hicieron posible la maquinaria de engranajes de la Revolución Industrial¹⁰⁶⁷. Antes de mediados del siglo XVII, los engranajes se componían y se cortaban a mano; Hooke diseñó la primera máquina que producía engranajes idénticos, lo que hizo posible la producción en masa de maquinaria. Inevitablemente, los ingenieros de los siglos XVIII y XIX se dirigieron a los relojeros para que construyeran sus máquinas (Richard Arkwright, por ejemplo, trabajó con el relojero John Kay para producir la estructura rotatoria en 1769), y la cualidad de lo que pudieron conseguir había mejorado mucho como resultado de la revolución en la fabricación de relojes que había tenido lugar en los años posteriores a 1656¹⁰⁶⁸. Los relojes mecánicos nos proporcionan una valiosa oportunidad para pensar de manera comparada, porque podemos ver cómo otras culturas respondían cuando los viajeros del siglo XVI los

¹⁰⁶⁶ Allen, *The British Industrial Revolution* (2009), 173.

¹⁰⁶⁷ Allen, *The British Industrial Revolution* (2009), 204-206. Sobre la introducción de partes intercambiables, véase Alder, «Making Things the Same» (1998).

¹⁰⁶⁸ Esta línea de argumentación ya se anuncia en Koyré, «*Du monde de l'a-peu-près à l'univers de la précision*» (1971), publicado por primera vez en 1948.

introdujeron en ellas. Los japoneses pronto construyeron sus propios relojes (de la misma manera que fabricaron rápidamente sus propios cañones); mientras que los chinos mostraron poco interés en utilizar relojes para saber la hora, ni para fabricar los suyos, a pesar del hecho de que Su Song había producido un refinado reloj impulsado por agua para fines astronómicos en el siglo XI. En lo que concernía a los chinos, los relojes eran simplemente objetos de lujo encantadores pero inútiles, algo así como las cajitas de música. (Los chinos fueron igualmente lentos en adoptar la tecnología de la revolución militar, a pesar del hecho de que la pólvora se originó en China). Así, no hubo nada automático en la adopción generalizada del reloj que tuvo lugar en la Europa medieval¹⁰⁶⁹.

Pero los relojes se extendieron rápidamente en los siglos XIV y XV: primero, porque los europeos ya eran de mentalidad mecánica (todas aquellas ruedas hidráulicas y molinos de viento); segundo, porque sus movimientos circulares engranados reflejaban en miniatura los movimientos de los cielos ptolemaicos (los primeros relojes solían medir el tiempo astronómico: las fases de la luna, los signos del zodiaco, así como el tiempo diurno); y tercero, porque los relojes proporcionaban un mecanismo impersonal para la coordinación de las actividades de la comunidad (los rezos de los oficios en monasterios y catedrales, la abertura y el cierre de los mercados en pueblos y ciudades). Las comunidades igualitarias

¹⁰⁶⁹ Landes, «Why Europe and the West?» (2006).

(ciudades, monasterios y capítulos catedralicios, todos elegían sus líderes mediante elecciones) están gobernadas por el reloj, mientras que el despotismo no lo está; a los relojes se les dieron plazas públicas prominentes en monasterios, catedrales y ayuntamientos, pero su instalación en los palacios reales fue más lenta. (Incluso ahora, mi campus universitario, construido en la década de 1960, está dominado por una torre del reloj que está allí no para dar la hora, sino para transmitir la impresión de que la nuestra es una comunidad disciplinada e igualitaria). Estos factores (culturales, tecnológicos, conceptuales, políticos) estaban ausentes en China, y de ahí que los chinos admiraran el mecanismo de relojería pero que no tuvieran ningún uso para el mismo.

Obviamente, el mecanismo de relojería promovía la idea de que el universo podía comprenderse como un mecanismo complejo, y los copernicanos estaban comprometidos con la idea de que los mismos principios físicos actuaban en los cielos y en la Tierra. Así, Kepler podía escribir en 1605, inspirado por la lectura de Gilbert sobre el magnetismo:

Mi objetivo es este: demostrar que la máquina celestial no es como una criatura divina, sino como un reloj (quien cree que el reloj está animado atribuye la gloria del artífice a la obra), en tanto que casi toda la diversidad de movimientos está causada por una fuerza simple, magnética y corpórea, de la misma manera que todos los movimientos de un reloj son causados por un peso muy simplecccxxxiii.

*También demostraré que esta explicación física ha de someterse a las matemáticas y a la geometría*¹⁰⁷⁰.

Pero los relojes medievales y del Renacimiento eran tan imperfectos que no solo el peso que los accionaba tenía que hacerse subir cada día, sino que también era necesario corregir la hora, y solo con los relojes mejorados de Huygens fue posible pensar en el universo como un mecanismo perfecto parecido a un reloj, que no necesitaba que el relojero divino se ocupara de él. Encontramos la nueva imagen posterior a Huygens injertada en la imagen de los «autómatas» de Descartes ya en 1662, seis años después del primer reloj de péndulo, en este fragmento de Simon Patrick, un defensor de la nueva ciencia:

Entonces ciertamente tiene que ser la oficina de la filosofía la que descubra el proceso de este arte divino en el gran autómatas del mundo, al observar de qué manera una parte mueve otra, y cómo estos movimientos son variados por las diversas magnitudes, figuras, posiciones de cada parte, desde los primeros muelles...^{cccxxxiv}
1071.

El mecanismo de relojería, al proporcionar una metáfora fructífera, estimuló la Revolución Científica y, al promover el desarrollo de maquinaria con engranajes y elaborada, facilitó la Revolución

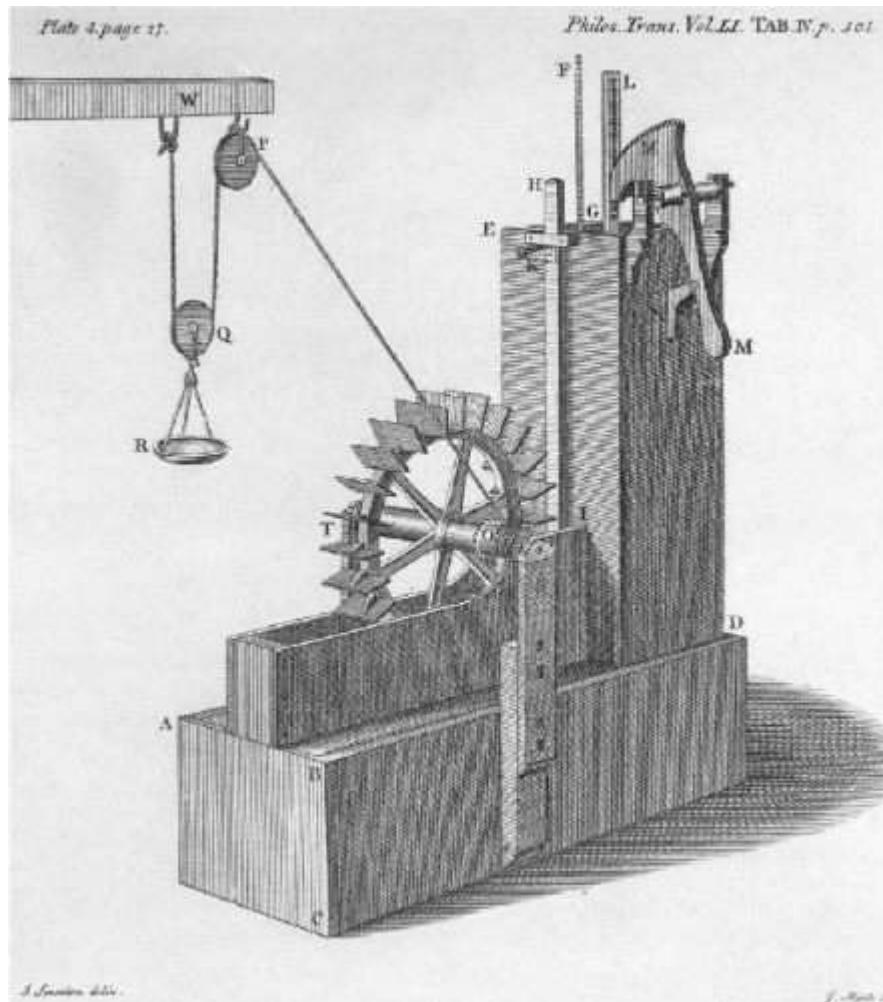
¹⁰⁷⁰ Texto en latín de una carta a Herwart von Hohenburg citado in Koyré, *The Astronomical Revolution* (1973), 378; traducción de Snobelen, «The Myth of the Clockwork Universe» (2012), 177 n. 18.

¹⁰⁷¹ Patrick, *A Brief Account of the New Sect of Latitude-Men* (1662), 19.

Industrial, pero no fue en sí mismo el producto de ninguna de estas dos revoluciones, ni fue una precondition necesaria para ninguna de ellas, porque había otros tipos de maquinaria con engranajes.

Existe otro ejemplo importante de la recompensa demorada en el progreso tecnológico. La ingeniería hidráulica era una gran preocupación para los primeros ingenieros, como Leonardo, y en consecuencia una preocupación inmediata para Galileo y sus discípulos. Galileo asesoraba en proyectos de drenaje; su alumno Castelli asesoró al papado sobre la gestión de ríos y publicó un tratado importante sobre el tema (*Della misura delle acque correnti* («Sobre la medida de las aguas corrientes», 1628): su alumno Torricelli hizo un descubrimiento teórico importante cuando formuló lo que ahora se conoce como la «ley de Torricelli» (1643), que permite establecer la velocidad del flujo dada una determinada presión hidrostática (o la presión dada una determinada velocidad del flujo), y también hizo trabajo práctico sobre el flujo del río Chiana, un afluente del Arno; su alumno Famiano Michelini, que fue también su sucesor como filósofo del gran duque, publicó asimismo sobre hidráulica (*Trattato della direzioni de' fiumi* («Tratado sobre la dirección de los ríos», 1664) ¹⁰⁷².

¹⁰⁷² Maffioli, *Out of Galileo* (1994); y Maffioli, *La via delle acque* (2010).



*Modelo de la rueda de agua de John Smeaton, en configuración de «impulsión por abajo»: la rueda tiene 60 centímetros de diámetro (de *An Experimental Enquiry*, 1760). (Science Museum/Science & Society Picture Library, Londres).*

Pero pasarían cien años antes de que John Smeaton en Inglaterra, basándose en la obra de Torricelli, se dispusiera a realizar un programa sistemático de experimentos con modelos de ruedas hidráulicas con el fin de establecer qué diseños eran los más eficientes (comparando las de alimentación superior con las de

alimentación inferior) y cómo podía hacerse que cada diseño funcionara mejor: ¿cuán grande tenía que ser la rueda, y cuán rápidamente tenía que girar para conseguir una eficiencia máxima? ¿Cuánto tenían que hundirse en el agua las palas de las ruedas de alimentación inferior? Smeaton descubrió, para su sorpresa, que las ruedas de alimentación superior (en las que el agua cae sobre la rueda) eran el doble de eficientes que las de alimentación inferior (en las que el agua fluye a lo largo de la parte baja de la rueda): la teoría le había hecho esperar que tuvieran un desempeño igual (aunque Desaguliers había sospechado, correctamente, que en la práctica las ruedas de alimentación superior eran mejores¹⁰⁷³), y tuvo dificultades para explicar por qué su rendimiento era tan diferente. Así, Smeaton desarrolló una serie de reglas prácticas generales para guiar la construcción de ruedas hidráulicas, y fue muy influyente a la hora de instigar un cambio para pasar de las ruedas de alimentación inferior a las de alimentación superior o, si esto no era práctico, a las ruedas de alimentación a la altura del eje (en las que el agua entra a una altura intermedia). Es en este punto (y solo en este punto) que podemos decir que el trabajo de Galileo y sus alumnos sobre el flujo del agua había dado finalmente buenos resultados al facilitar una tecnología práctica notablemente mejorada¹⁰⁷⁴.

¹⁰⁷³ Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), 532.

¹⁰⁷⁴ Smeaton, *An Experimental Enquiry* (1760); Schaffer, «Machine Philosophy» (1994); y Reynolds, *Stronger than a Hundred Men* (1983).

El caso de las ruedas hidráulicas es particularmente interesante porque la tecnología se había desarrollado de manera muy lenta a lo largo de casi mil años. Los constructores de molinos habían aprendido mediante prueba y error lo que funcionaba y lo que no, pero el avance rápido requería experimentación sistemática, y esto solo ocurrió después de que el método experimental hubiera sido elevado a una nueva condición intelectual. El propio Smeaton tenía estudios de derecho y después realizó el aprendizaje de constructor de máquinas antes de convertirse en ingeniero (fue el primero que se llamó a sí mismo «ingeniero civil», en contraposición a ingeniero militar, y acabó fundando una sociedad de ingenieros civiles)¹⁰⁷⁵ y en miembro de la Royal Society. Combinaba el conocimiento práctico con el teórico, como Hooke había hecho en la construcción de relojes. Y, desde luego, respondía a una situación económica en la que la demanda de energía crecía rápidamente. Construyó motores de vapor, puertos, puentes y canales (entre ellos el Calder Navigation, una serie de cortaduras y esclusas que hicieron navegable el río Calder, y todavía lo hacen).

¿Cuál era el obstáculo para realizar los experimentos de Smeaton en la década de 1680 o incluso en la de 1580^{cccxxv}? El trabajo de Smeaton dependía de que se satisficieran dos precondiciones intelectuales. Primera, era bien conocido que trabajar con modelos a escala podía ser a menudo engañoso, debido a que las máquinas a tamaño total solían funcionar de manera muy diferente. El aparato

¹⁰⁷⁵ *OED*, s.v. *civil*.

conceptual para pensar acerca de este problema lo había proporcionado Galileo en su *Due nuove scienze*, y Smeaton trató un aspecto de ello, el hecho de que la fricción tiende a ser mayor en los modelos a escala que en las máquinas a tamaño real, al medir ingeniosamente la cantidad de fricción generada en sus modelos, y después compensar por ella. Segunda, el trabajo de Smeaton dependía de la aplicación sistemática de la ley de Torricelli. Podríamos querer añadir una tercera precondition: al calcular la eficiencia de una rueda hidráulica comparando la salida de la rueda con la entrada de la corriente, Smeaton suponía una ley newtoniana de conservación de la energía. En este sentido, su trabajo era posnewtoniano. Pero podía haber comparado la salida de diferentes tipos de rueda hidráulica sin tener una medida absoluta de la eficiencia. Además, al definir la fuerza Smeaton se mantuvo alejado del conflicto entre los seguidores de Newton y los seguidores de Leibniz sobre la definición de «fuerza» (un conflicto resuelto ahora al distinguir entre momento y energía cinética): no era necesario resolver este conflicto para que su trabajo tuviera éxito.

Así, parecería evidente que habría sido imposible realizar los experimentos de Smeaton en la década de 1580, pero perfectamente posible en la de 1650, y directo una vez que los argumentos de los *Principia* (1687) de Newton empezaron a ser comprendidos de manera general. Y tampoco había nada de nuevo acerca de trabajar con modelos: Desaguliers construía modelos de máquinas de vapor en la década de 1720, y a buen seguro no era el primero. Pero no fue hasta mediados del siglo XVIII cuando Smeaton y Watt usaron

modelos para deducir cómo transformar la eficiencia de la maquinaria de vapor. Los que piensan que la ciencia moderna deriva de las indagaciones empíricas experimentales de artesanos y artífices han de tener en cuenta la evolución extraordinariamente lenta de la tecnología de las ruedas hidráulicas antes de la introducción del método científico de Smeaton. Para emplear el método experimental de manera sistemática y consciente, como hicieron Smeaton y Watt, se necesitaba a la vez una cierta cantidad de teoría sólida y una confianza en que la experimentación, aunque podía ser laboriosa, presentaba una excelente perspectiva de conseguir un mayor progreso. La teoría no era nueva en la década de 1750, pero la confianza sí lo era. El origen de dicha confianza era un programa continuado de promocionar la nueva ciencia mediante conferencias públicas y libros que llevaron a cabo los discípulos de Newton, sobre todo por parte de Desaguliers¹⁰⁷⁶.

Al final, la ciencia moderna temprana resolvió dos de los problemas prácticos más difíciles que se había planteado: el cálculo de la trayectoria de proyectiles en condiciones reales, y la medición de la longitud. Si los científicos del siglo XVII no vieron resueltos estos problemas, prepararon no obstante el terreno para sus sucesores del siglo XVIII, que lo hicieron. Además, a mediados de siglo, Smeaton y Watt transformaron la eficiencia con la que se dominaba la energía del agua y la del vapor para que accionaran las máquinas; a corto plazo, el logro de Smeaton fue el más importante;

¹⁰⁷⁶ Stewart, «A Meaning for Machines» (1998), 272-276.

a largo plazo, lo fue el de Watt. En 1726, cuando estos problemas prácticos seguían sin resolverse, el argumento de Swift contra la utilidad de la ciencia parecía sólido; habría sido mucho más difícil mantener dicho argumento en contra en 1780 o incluso en 1750. Sorprendentemente, los historiadores han quedado atascados en el mundo de Swift, y cuando leen textos como los de Smeaton los leen ingenuamente, como si simplemente reflejaran un programa de hacer chapuzas con modelos, y como si toda la terminología usada fuera de sentido común; ignoran el hecho de que fue la nueva ciencia la que descubrió la relación entre la presión hidrostática y la velocidad de la corriente.

§ 2.

El primer gran logro práctico de la nueva ciencia fue el motor de vapor de Newcomen de 1712: el mismo motor del que presumiblemente se mofaba Swift cuando se quejaba de que se construían molinos donde no había ríos. Es importante poner en perspectiva el logro de Newcomen. En 1800 solo se habían construido en Gran Bretaña 2200 motores de vapor; dos tercios de los cuales eran motores de Newcomen, y una cuarta parte motores de Boulton y Watt¹⁰⁷⁷. Entre 1760 y 1800 se disponía de casi el doble de nuevo poder hidráulico (en gran parte como resultado del trabajo de Smeaton) que de energía procedente del vapor¹⁰⁷⁸. La

¹⁰⁷⁷ Rolt y Allen, *The Steam Engine of Thomas Newcomen* (1977), 145.

¹⁰⁷⁸ Allen, *The British Industrial Revolution* (2009), 173.

gran época del vapor todavía quedaba en el futuro: cuando Mary Shelley publicó *Frankenstein* en 1818, su visión del horroroso poder de la nueva ciencia apenas incluía el vapor (una única referencia a «los maravillosos efectos del vapor» se añadió, probablemente de mano de Percy Shelley, cuando el libro entró en imprenta), aunque Blake ya escribía sobre «oscuros molinos satánicos» en 1804 (probablemente pensaba en los Albion Flour Mills, la primera gran fábrica en Londres, construida en 1786 y con la energía suministrada por un motor de vapor de Boulton y Watt¹⁰⁷⁹). En 1807 el buque de vapor de Fulton inició un servicio regular de pasajeros entre la ciudad de Nueva York y Albany, la capital del estado; en 1819, el SS^{cccxxvi} *Savannah*, un barco que combinaba vela y vapor, cruzó el Atlántico; el *Rocket* de Stephenson traqueteó a lo largo de los raíles en 1829. En 1836 ya era posible describir que el vapor señalaba «una nueva era en la historia del mundo». Había multiplicado la energía de la humanidad «de manera incalculable»¹⁰⁸⁰.

En 1712 la Revolución Industrial y la era del vapor quedaban lejos en el futuro; en 1836 eran una realidad. Las había convocado una nueva cultura de pericia tecnológica, por parte de hombres como Watt y Smeaton y por los elevados salarios de Inglaterra (porque muchas de las nuevas invenciones solo eran rentables en una

¹⁰⁷⁹ Ketterer, «The Wonderful Effects of Steam» (1998).

¹⁰⁸⁰ Galloway y Hebert, *History and Progress of the Steam Engine with a Practical Investigation of Its Structure and Application* (1836), prefacio (i).

economía de salarios altos¹⁰⁸¹). La máquina de vapor no hizo que la Revolución Industrial fuera inevitable, pero la hizo posible. Anteriormente había habido economías de salarios altos (después de la Peste Negra, por ejemplo), pero no Revolución Industrial. Es cierto que muchas de las nuevas invenciones que fueron fundamentales para la Revolución Industrial (la estructura rotatoria del telar de Arkwright, por ejemplo) no debían nada a la ciencia: pero sin las ruedas hidráulicas mejoradas de Smeaton y los motores de vapor mejorados de Boulton y Watt, las fábricas en las que se construyeron no hubieran podido disponer nunca de la energía necesaria.

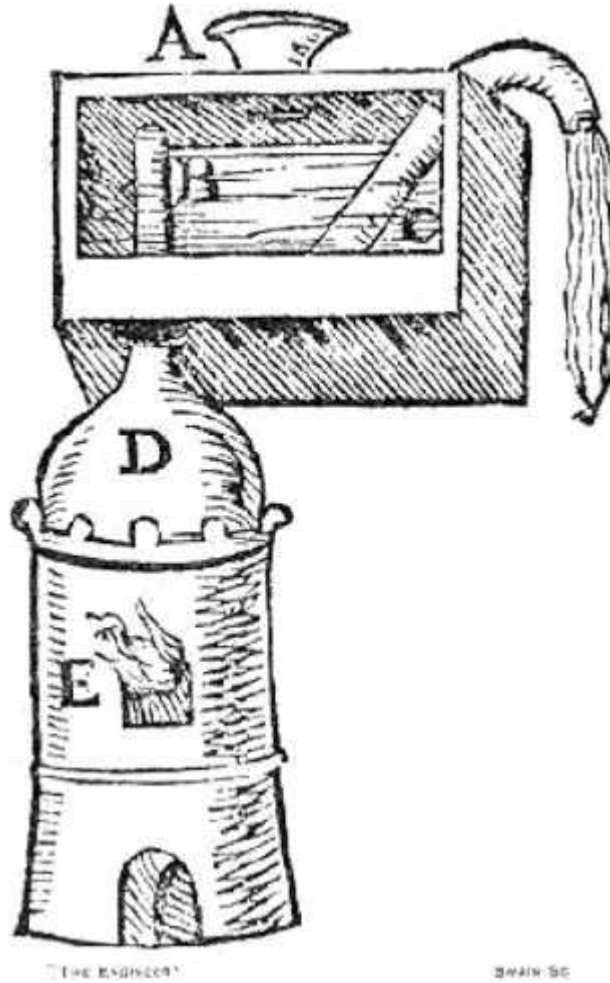
Con el fin de comprender las máquinas o motores de vapor podrá ser útil pensar acerca de los métodos de hacer café. Algunas personas lo preparan haciendo pasar agua a través de un filtro que contiene café molido: se basan en la gravedad. Otras personas emplean una cafetera expreso, que utiliza el vapor para hacer que el agua atraviese el café molido desde abajo; la cafetera es un sistema de vapor a presión, que es la razón por la que necesita una válvula de seguridad. Y algunas usan el método de vacío, en el que el agua es impulsada por el vapor a un contenedor más alto (a baja presión, porque solo ha de superar el peso del agua), pero después, cuando se quita el calor y el vapor se condensa, crea un vacío, que succiona de nuevo el agua a través del café molido. El método del vacío se basa en la presión atmosférica.

¹⁰⁸¹ Allen, *The British Industrial Revolution* (2009), 25-56.

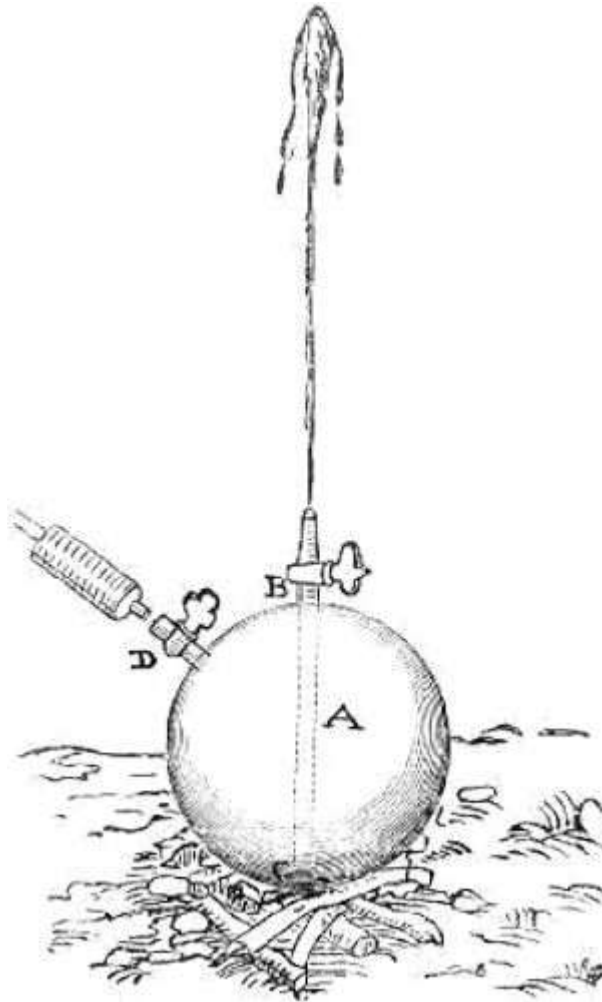
El motor de vapor fue el producto de la ciencia del siglo XVII, que había experimentado con el vacío, y con la presión del aire y del vapor¹⁰⁸². Un ejemplo sencillo de presión de aire es la escopeta de aire, que el siglo XVII se denominaba «escopeta de viento». Mersenne describió una en 1644, que también es el primer año en el que hay una referencia a ella en inglés; Boyle publicó un diseño de una en 1682¹⁰⁸³. Funcionaba al comprimir aire en un contenedor mediante un fuelle y usando el aire comprimido para impulsar un dardo o un balín. El vapor en un espacio confinado se podía usar también para crear presión. Este principio lo empleó Della Porta en 1606, y en 1625 Salomon de Caus inventó una fuente de vapor. Funcionaba exactamente igual que una cafetera expreso: la presión del vapor en una cámara en la que solo había una salida hacía que el agua del recipiente surgiera hacia arriba. La ley de Boyle proporcionaba una explicación teórica de cómo podía usarse la presión para producir una potente fuerza, si se pudiera encontrar una manera de dominar dicha fuerza para un fin útil.

¹⁰⁸² Allen, *The British Industrial Revolution* (2009), 157-158.

¹⁰⁸³ OED s.v. *wind-gun*; Wilkins, *Mathematicall Magick* (1648), 153; Bertoloni Meli, *Thinking with Objects* (2006), 130; y Boyle, *A Continuation of New Experiments* (1682), 16-18 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 9, 147-149.



Bomba de presión de vapor de Giovanni Battista della Porta, de Tre libri de' spirituali (1606). (Science Museum/Science & Society Picture Library, Londres).



Fuente accionada por vapor de De Caus, de La Raison des forces mouvantes (1615). (Science & Society Picture Library/Getty Images, Londres).

Pero había una alternativa a construir algún tipo de mecanismo de alta presión. Dicha alternativa (un mecanismo de baja presión) deriva del trabajo de Von Guericke con su bomba de aire. Von Guericke había demostrado que, si se extraía aire de un cilindro bombeándolo, la presión atmosférica haría que un pistón dentro de dicho cilindro descendiera, y la fuerza sería tan grande que incluso

un equipo de hombres fuertes sería incapaz de resistirla¹⁰⁸⁴. En 1680 Huygens consiguió una manera alternativa de dominar la presión atmosférica. Utilizó una explosión para hacer salir el aire de un cilindro a través de una válvula; después, cuando los gases calientes se enfriaban, un pistón era succionado hacia abajo, y levantaba un peso.

Esta idea la retomó Denis Papin, un médico que había iniciado su carrera científica como ayudante de Huygens, realizando experimentos con la bomba de aire. Después se trasladó a Inglaterra: Papin era protestante y la vida se hacía cada vez más incómoda para los protestantes en Francia. Allí trabajó como ayudante de Boyle; según el testimonio del mismo Boyle, Papin diseñó muchos de los experimentos publicados en *A Continuation of New Experiments* («Continuación de nuevos experimentos», latín, 1680; inglés, 1682), de Boyle, y los realizó todos. De hecho, el libro no era realmente de Boyle, puesto que lo escribió Papin¹⁰⁸⁵. Papin fue elegido miembro de la Royal Society en 1680 (su condición social era muy diferente de la de un simple ayudante técnico), pero su posición financiera era precaria (se le eximió de pagar las cuotas); de 1681 a 1684 estuvo empleado en Venecia y, aunque volvió a

¹⁰⁸⁴ Una revisión de la historia inicial del motor de vapor la proporciona Dickinson, *A Short History of the Steam Engine* (1963), 1-17. Von Guericke diseñó un cañón accionado por vacío del que Papin hizo una versión: Papin, «Shooting by the Rarefaction of the Air» (1686); Papin calculó a continuación la velocidad a la que el aire entraría en el cilindro de escape, Papin, «A Demonstration» (1686).

¹⁰⁸⁵ Boyle, *A Continuation of New Experiments* (1682), prefacio a la edición en latín (A3v-a1r) = Boyle, *The Works* (1999), vol. 9, 124-125. Considero que Papin fue responsable no solo de las notas experimentales (en francés) sino también del texto en latín: es difícil ver qué otra cosa puede significar la afirmación de Boyle de que el «estilo» y la «elección de palabras» eran suyos (véase Shapin, «Boyle and Mathematics», 1988, 35).

Inglaterra, se fue de nuevo en 1687, primero para convertirse en profesor de matemáticas en Marburgo (donde riñó con sus colegas académicos, que no veían la necesidad de un profesor de matemáticas, y con sus correligionarios, que lo excomulgaron), y después a partir de 1695 trabajó como ingeniero asesorando al landgrave (o conde) de Hesse en Kassel. Allí probó con éxito un submarino primitivo en el río Fulda¹⁰⁸⁶.

Papin hizo avanzar un paso más la idea de Huygens. Construyó un cilindro que contenía una pequeña cantidad de agua, que calentó sobre una llama. El agua se convirtió en vapor, expulsó el aire e impulsó el pistón hasta la parte superior del cilindro, donde un muelle se engranaba con un perno. Después se quitaba el calor, el vapor se condensaba y el pistón se cargaba; tan pronto como se tiraba del perno este era impulsado a lo largo del cilindro por la presión del aire. Esta era, efectivamente, un arma de aire impulsada por la presión atmosférica y en la que el pistón sustituía a la bala. Papin siguió imaginando una serie de tales pistones que accionaban mecanismos que impulsaban un barco, y así se ahorraba el coste de los remeros (las galeras se usaban todavía de manera general, en particular en el Mediterráneo y en los ríos), y pensó que un motor de este tipo podría usarse para extraer agua de una mina si no había

¹⁰⁸⁶ Tönsmann, «Wasserbauten und Schifffahrt in Hessen» (2009). Papin hace una aparición importante en Shapin, «The Invisible Technician» (1989) y Shapin, *A Social History of Truth* (1994) como un caso anómalo de un «técnico» al que Boyle identifica por el nombre. Shapin no menciona en parte alguna que Papin fue elegido miembro de la Royal Society (presumiblemente en reconocimiento por su contribución a la *Continuation*), que fue una clara aceptación de que fue más que un técnico: Hunter, *The Royal Society and Its Fellows* (1982), 87, 133 n. 3, F369.

ningún río en las inmediaciones para accionar una rueda hidráulica¹⁰⁸⁷. Lamentablemente, no tenía ningún mecanismo para cargar y descargar rápidamente los cilindros, o (en este punto) para hacer que descargaran de una manera ordenada.

Durante estos años se dedicó a una serie de experimentos con motores de vapor, de los que el punto culminante fue la construcción de un carruaje accionado por vapor que recorría el piso de su salón principal¹⁰⁸⁸. Incluso imaginó la época en que carruajes acorazados y accionados por vapor se desplazarían más rápidamente que la caballería. Sus enemigos, burlándose de él,

¹⁰⁸⁷ Dickinson, *A Short History of the Steam Engine* (1963), 9-11. Más detalles sobre Papin en Galloway, *The Steam Engine and Its Inventors* (1881); Ernouf, *Denis Papin* (1883); Wintzer, *Dénis Papins Erlebnisse in Marburg, 1688-1695* (1898); Schaffer, «The Show that Never Ends» (1995), 13-14 (pero Schaffer confunde el pistón atmosférico con la bomba de Hesse, una bomba centrífuga o fuelle que se describe en Papin, *Recueil de diverses pièces* (1695); y repite el viejo mito de que Papin construyó un barco accionado a vapor, sobre lo cual, véase abajo); Stewart, *The Rise of Public Science* (1992), 24-27 (pero «fuelle del infierno» en la p. 25 es una lectura equivocada de «fuelle de Hesse»), 131-132, 175-178; Shapin, nota previa; Boschiero, «Translation, Experimentation and the Spring of the Air: Richard Waller's "Essayes of Natural Experiments"» (2009); y Ranea, «Theories, Rules and Calculations» (2015), que vi demasiado tarde para poderlo considerar. El texto en latín con traducción al alemán del *Nova methodus* (1690) de Papin se encuentra en Tönsmann y Schneider (eds.), *Denis Papin* (2009), 136-141, y existe una traducción francesa en Ducoux, *Notice sur Denis Papin* (1854), 56-63 y en Figuiet, *Exposition et histoire* (1851), vol. 3, 419-423; hay una traducción al inglés de la *Nouvelle manière pour lever l'eau par la force du feu* de Papin en Smith, «A New Way of Raising Water by Fire» (1998). Las obras de Papin se reunieron en Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894); el primer volumen reimprime Péan y La Saussaye, *La Vie et les ouvrages* (1869) (el único volumen impreso). De los ocho volúmenes previstos, parece que se imprimieron y se encuadernaron seis y medio, pero sospecho que en todos faltan las láminas previstas... Aparentemente, esta obra rarísima está disponible en Internet en Estados Unidos (en

¹⁰⁸⁸ Carta a Leibniz, 25 de julio de 1698 (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 17-19 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens Briefwechsel mit Papin* (1881), 233-234). Lamentablemente, no hay manera de saber cómo funcionaba dicha fuente; pero Papin ya consideraba pistones accionados por la presión atmosférica en 1704: carta a Leibniz, 13 de marzo (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 151-154 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 284-287: una réplica, según creo, a la carta sin fecha de Leibniz en Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 215-219 y en Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 276-280).

difundieron que estaba trabajando en una máquina voladora, y de hecho Papin admitió que la idea se le había pasado por la cabeza¹⁰⁸⁹. Diseñó, como su contribución personal a la guerra contra Luis XIV (que había expulsado de Francia a los protestantes, entre ellos a Papin), un mortero que lanzaba granadas a 90 metros a un ritmo de cien por hora (o incluso a quinientas por hora, afirmó posteriormente). El diseño era simple: accionando una palanca, se hacía descender un pistón por un cilindro, lo que creaba un vacío; cuando se liberaba el pistón, este recorría el cilindro, creando la fuerza propulsora que lanzaba el proyectil hacia el enemigo. En otras palabras, esta era una adaptación de su motor de vapor atmosférico, o más bien una reversión a su plan inicial para construir un cañón de viento impulsado por la presión atmosférica¹⁰⁹⁰.

Papin trabajaba todavía en su motor de vapor atmosférico en marzo de 1704. ¿Qué progreso consiguió? La respuesta a esta pregunta hay que encontrarla en un cuaderno de notas perteneciente a un personaje jurista, músico y literario inglés, Roger North¹⁰⁹¹. Allí

¹⁰⁸⁹ Carta a Leibniz, 13 de marzo de 1704, y carta sin fecha de Leibniz, como arriba.

¹⁰⁹⁰ Carta a Leibniz, 7 de septiembre de 1702 (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 126-129 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 264-267; y correspondencia posterior hasta el 23 de marzo de 1705 (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 223-226 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 342-344).

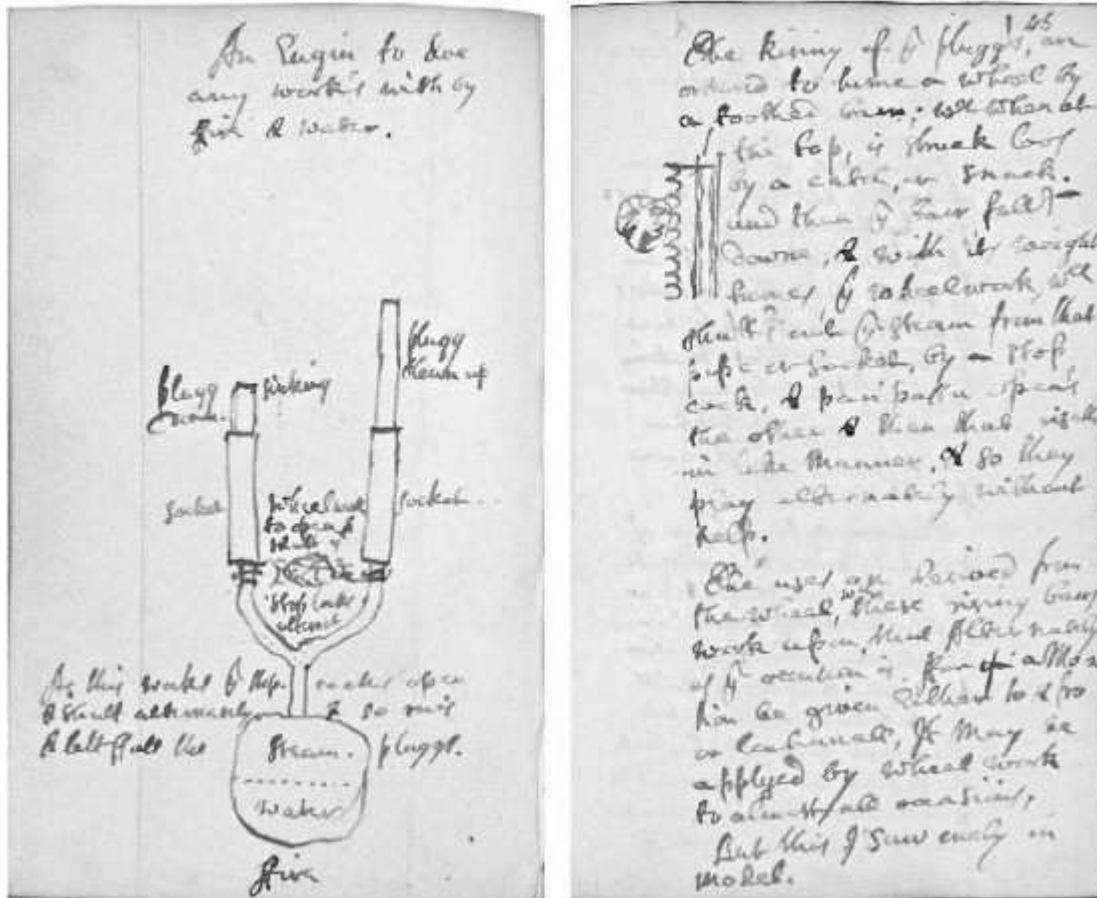
¹⁰⁹¹ La interpretación de este esbozo es motivo de debate. Dickinson pensaba, correctamente en mi opinión, que era un motor de presión atmosférica, pero véase la nota de sus editores, que aducen que era un motor de alta presión: Dickinson, *Sir Samuel Morland* (1970), 79. Evidentemente, North pensaba que el motor funcionaba a partir del golpe hacia arriba, pero esta confusión no es en absoluto sorprendente si solo vio un dibujo o una maqueta. En cualquier caso, puesto que Papin trabajaba tanto con sistemas a presión atmosférica como a alta presión, la cuestión puede no ser importante para los propósitos actuales. Rhys Jenkins,

North describió y esbozó un motor de vapor atmosférico de dos cilindros del que dijo que lo había visto «solo en modelo». En este período la palabra «modelo» es ambigua: puede tener el significado moderno, pero con más frecuencia se refiere a una representación gráfica, un plano o un dibujo¹⁰⁹². La frase «en modelo» es muy rara, pero una única hoja publicada en 1651 se describe en su título como un resumen de la doctrina cristiana «en modelo»: es un esquema mural¹⁰⁹³. De modo que probablemente North no vio un modelo que funcionaba, ni siquiera una maqueta, sino un dibujo; de ahí su insistencia de que solo lo había visto en modelo. No podemos estar seguros de *cuándo* vio este dibujo: una entrada anterior está fechada en 1701, lo que nos da una fecha aproximada. Este, presumiblemente, es el motor que accionaba el pequeño carruaje de vapor que recorría el salón de Papin.

Dickinson y Rolt atribuyen el motor a Morland (Rolt y Allen, *The Steam Engine of Thomas Newcomen*, 1977, 18-19), lo que implica que North dibujó de memoria un motor que había visto muchos años antes. No advierten la evidente semejanza con el mecanismo de transmisión de Papin, ni la ambigüedad de la palabra «modelo». Wallace atribuye el motor a Savery (Wallace, *The Social Context of Innovation* (1982), 58-60), a pesar de la convicción de Savery de que los pistones no eran prácticos porque habría que superar demasiada fricción. La atribución a Papin, o, en el límite, a alguien que trabajaba a partir de las publicaciones de Papin, me parece segura.

¹⁰⁹² Sin embargo, parece que llevaría el significado moderno cuando Savery contrasta un modelo con un esbozo (o un dibujo): Smith, «A New Way of Raising Water by Fire» (1998), 172.

¹⁰⁹³ Gibbon, *A Summe or Body of Divinitie Real* (1651).



Páginas del cuaderno de notas de Roger North, que muestran su dibujo de un motor de vapor de dos cilindros y de un mecanismo de cremallera y piñón mediante el cual los pistones hacen girar un eje. (De la British Library Add. MS 32504). (© The British Library Board; MS 32504).

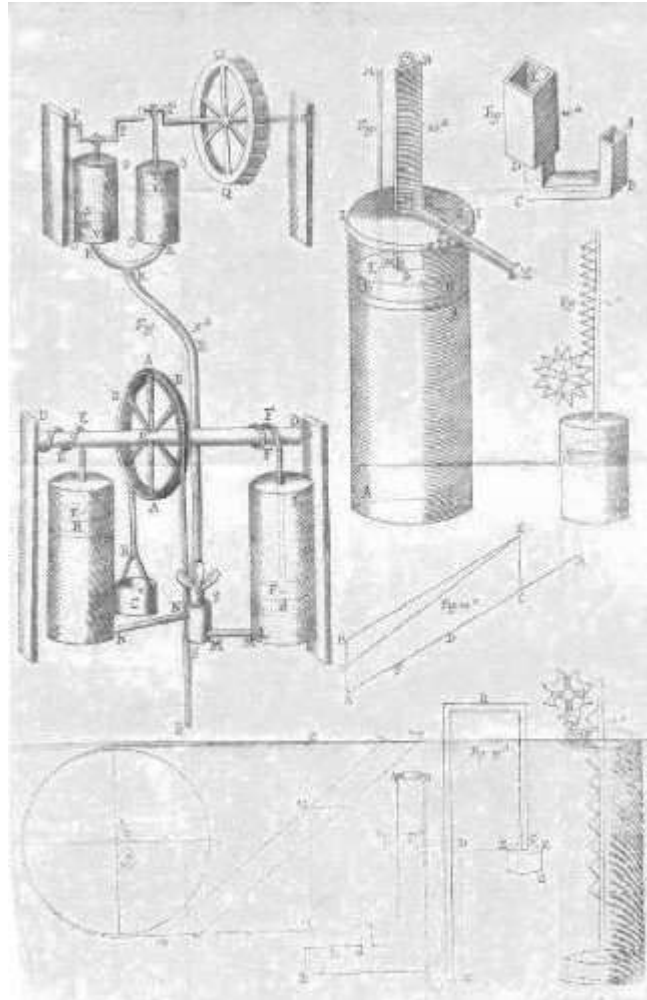


Ilustración de Papin de diversos motores neumáticos (1695). El sistema de la izquierda emplea una rueda hidráulica para accionar pistones que bombean aire, que, al accionar un segundo conjunto de pistones, hacen subir y bajar un cubo. Arriba, en el centro, hay una representación del pistón de Papin accionado por la presión atmosférica: una vez el vapor se ha condensado, la separación de la aguja indicada con E hace que el pistón descienda. A la derecha hay dos imágenes de este mecanismo de cremallera y piñón de trinquete. (© The Royal Society, Londres).

El motor dibujado por North es un desarrollo del motor atmosférico de Papin; ahora los cilindros poseen mecanismos de válvulas automáticas y operan recíprocamente (en 1676 Papin había diseñado una bomba de aire con estos rasgos precisos). El mecanismo impulsor es evidentemente muy parecido al que Papin había ilustrado cuando publicó un informe de sus experimentos del motor de vapor en francés en 1695, y que afirmaba que estaba inspirado en mecanismos que se podían encontrar en relojes, aunque ahora la rueda dentada se aparta del engranaje cuando el golpe del impulso se completa, y no al revés: el engranaje y la rueda dentada con un mecanismo de trinquete es distintivo porque está lejos de la mejor solución al problema de cómo accionar una rueda mediante un pistón (es mucho mejor una manija). La primera bomba de aire de Boyle había utilizado un mecanismo de engranaje y rueda dentada para accionar el pistón en la bomba (lo contrario de su uso aquí, en que el pistón impulsa el mecanismo de engranaje y rueda dentada), pero no había trinquete que permitiera que la cremallera se retirara sin hacer girar el engranaje. Es posible que esta sea la obra de alguien que siguiera los pasos de Papin, pero parece mucho más probable que sea la obra del propio Papin; evidentemente, había enviado un dibujo de su último motor a uno de sus amigos en Inglaterra, dibujo que se le había enseñado a North. Pero no hay indicios de que Papin trabajara en un motor de vapor atmosférico después de 1704, ni de que se difundiera la noticia de la versión de su motor registrada por North. Los progresos que Papin había hecho entre 1695 y 1704 no tuvieron

influencia, y si no fuera por el esbozo de North no habríamos tenido noticia de ellos. La contribución real de Papin, como veremos, se hallaba en otra parte.

§ 3.

En 1698 Thomas Savery, un ingeniero militar y miembro de la Royal Society, obtuvo una patente para una bomba impulsada por vapor que utilizaba tanto la presión atmosférica como la del vapor para elevar agua; hay quien sospechaba que había copiado simplemente un diseño previo de Edward Somerset, el marqués de Worcester (m. 1667), que había inventado una bomba accionada por vapor¹⁰⁹⁴. Se introducía vapor en un cilindro, que después se enfriaba rociándolo con agua. El vapor se condensaba, hacía subir agua por una tubería hasta el cilindro. Se cerraba una válvula, el agua se calentaba y el vapor generado impulsaba el agua fuera del cilindro. Así, el motor de Savery succionaba y expulsaba, como un fuelle, pero la succión era causada por el vapor condensado y la expulsión era causada por el vapor que se expandía. Aparte de las válvulas, este motor no tenía partes móviles. Puesto que la succión era impulsada por la presión atmosférica, no podía elevar agua más allá de unos 9 metros, mientras que la expulsión podía impulsar agua hacia arriba a cualquier distancia, mientras la presión en el cilindro fuera lo bastante elevada. Así, Savery propuso montar su dispositivo cerca del fondo de una mina y emplearlo para bombear agua a la

¹⁰⁹⁴ Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), 465-466.

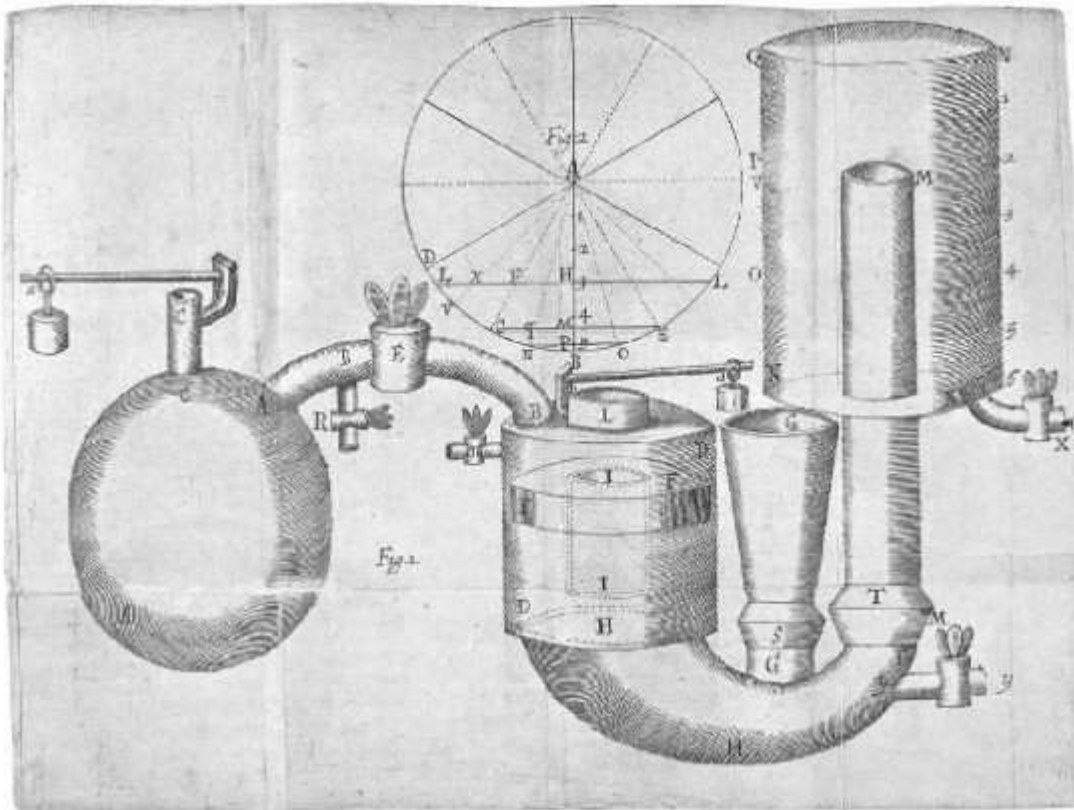
superficie. En la práctica, el motor se usó para accionar fuentes ornamentales, pero no para bombear agua al exterior de minas, porque Savery no pudo construir calderas y cilindros que mantuvieran una presión lo bastante elevada¹⁰⁹⁵.

Al landgrave de Hesse le llegaron noticias del motor de Savery, y a Papin se le encargó construir una bomba de vapor de presión elevada. Aparentemente, sus esfuerzos iniciales no tuvieron mucho éxito, y se consultó a Savery cómo mejorar su diseño. Con el tiempo, Papin usó con éxito un motor de vapor para bombear agua para una fuente ornamental (las instalaciones de agua corriente de Luis XIV en Versailles habían hecho de las fuentes ornamentales un campo muy competitivo para gobernantes y aristócratas). Uno de sus motores explotó (a pesar de que Papin había inventado la primera válvula de seguridad), casi matando al landgrave, mientras que la caldera de otro reventó cuando se congeló en invierno. A menudo, y con buena razón, se describe la bomba de Papin como una modificación de la de Savery, aunque Papin afirmaba que la había inventado de manera independiente¹⁰⁹⁶. Era significativamente diferente de la bomba de Savery porque elevaba el agua solo en el ciclo de expulsión, y separaba el agua usada para accionar el sistema (que se transformaba en vapor y después se condensaba) del agua que era bombeada mediante el uso de un flotador (que se parecía bastante a un pistón, pero que no era usado para accionar

¹⁰⁹⁵ Dickinson, *A Short History of the Steam Engine* (1963), 18-27.

¹⁰⁹⁶ Gaulke, «Die Papin-Savery-Kontroverse» (2009).

la maquinaria), con la idea de que esto evitaría que el calor se perdiera al caldear el agua que se bombeaba a través del motor. Además, faltaba en el diseño de Papin un dispositivo simple que Savery empleaba: el uso de una rociada de agua sobre el cilindro para enfriarlo con el fin de acelerar la condensación del vapor¹⁰⁹⁷.



Bomba de vapor de Papin, de Nouvelle manière pour élever l'eau par la force du feu (1707). La caldera se halla a la izquierda y el tanque que se llena a la derecha; es necesario que haya un suministro constante de agua en la tolva indicada con G. La figura 2 corresponde

¹⁰⁹⁷ Papin, *Nouvelle manière pour élever l'eau* (1707). Newcomen descubrió casualmente que era mejor inyectar el agua en el cilindro: Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), 533.

al diseño de la rueda hidráulica que se pretende que la bomba accione. La bomba es una modificación del motor de Savery, con un flotador introducido para separar el vapor del agua que se bombea. Está dotado de dos de las válvulas de seguridad de Papin. (© The British Library Board, Londres).

Papin se sentía cada vez más descontento en Hesse, donde el landgrave no concedía a sus investigaciones el apoyo que él creía que merecían, de modo que determinó volver a Inglaterra. Se suele decir que construyó una barca accionada por vapor en la que cargó todas sus pertenencias. Partió de Kassel en el río Fulda, con la idea de llegar, finalmente, a Inglaterra. Lamentablemente, después de recorrer 15 millas llegó a la confluencia con el Weser, y así a un tramo del río sobre el que un gremio de barqueros tenía el monopolio. Papin había hecho esfuerzos, sin éxito, para obtener una exención oficial. Los barqueros, dispuestos a hacer valer sus derechos, se apoderaron de su embarcación y la destruyeron. Y este fue el final del transporte accionado por el vapor durante al menos un siglo.

Pero el relato de la barca accionada por vapor se basa en un equívoco: Papin había construido una barca que no iba a vela ni a remo, y la barca fue destrozada, efectivamente. Pero no estaba accionada (como resulta claro por su correspondencia) por un motor de vapor funcional. Papin había construido un bote de paletas (que no fue el primero: aquí también Savery se le había adelantado), no un bote de vapor: las paletas eran accionadas por manijas

accionadas a mano¹⁰⁹⁸. Es sorprendente que este relato se repita con tanta frecuencia sin que se manifieste ninguna señal de escepticismo: después de todo, si era posible construir una barca de vapor en 1707, ¿por qué se habría de tardar todo un siglo para poder establecer la propulsión a vapor sobre el agua de manera fiable? Un autor no ha dudado en alcanzar la conclusión obvia de que tuvo que tratarse de una cobarde conspiración. Pero la evidencia para refutar este mito se imprimió ya en 1880¹⁰⁹⁹.

Papin, que había perdido la mayor parte de sus pertenencias con el naufragio de su barca, y que se había separado de su esposa, llegó finalmente a Inglaterra en 1707 y propuso a la Royal Society que lo financiara para construir su nave accionada a vapor. La Society sometió su propuesta a Savery, que no solo era el principal experto en el campo, sino que además poseía una patente que estaba redactada de manera tan general que cubría cualquier motor accionado por vapor. Savery insistía en que el flotador/pistón produciría demasiada fricción para ser factible. Newton, como presidente de la Society, rechazó todo el proyecto por ser demasiado

¹⁰⁹⁸ Savery, *Navigation Improv'd* (1698); Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 1, 206-207; cartas a Leibniz de marzo de 1704, 7 de julio de 1707 (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 280-282 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 378-380); y carta de Drost von Zeuner a Leibniz, 29 de septiembre 1707 (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 294 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 385): «sa petite machine d'un vaisseau à roues»; Leibniz a Sloane, citado en Tönsmann, «Wasserbauten und Schifffahrt in Hessen» (2009), 99.

¹⁰⁹⁹ El mito se origina con Figuier, *Exposition et histoire* (1851), vol. 3, 70-106, 419-432 (que se convierte en el vol. 1 en ediciones posteriores). Gerland, «Das sogenannte Dampfschiff Papin's» (1880) interpreta correctamente los hechos. Se sigue contando la historia falsa.

caro¹¹⁰⁰. Desde luego, puede ser que Newton estuviera predispuesto contra Papin porque este era amigo de Leibniz, con el que Newton entraba cada vez más en conflicto. La Royal Society, después de años de declive, en los que iba escasa de fondos y realizaba pocos experimentos, mostraba señales de un nuevo entusiasmo por la ciencia experimental, pero Papin no se benefició de ello¹¹⁰¹.

Ciertamente, Newton tenía razón: el plan de Papin era muy caro. La razón resulta aparente a partir de las ilustraciones del motor de Papin. Requiere un suministro de agua en el mecanismo de bombeo, y la entrada de dicho suministro ha de situarse más elevada que la parte superior del cilindro¹¹⁰². Si tuviera que instalarse el motor en un barco, y el agua se tomara del río o del mar, entonces todo el motor tendría que hallarse por debajo de la superficie del agua, lo que requiere un barco muy grande con un calado muy profundo¹¹⁰³. Papin era muy consciente de ello: propuso a la Royal Society un

¹¹⁰⁰ Smith, «A New Way of Raising Water by Fire» (1998), 169-177.

¹¹⁰¹ Véase Leibniz a Papin, 24 o 27 de junio de 1699 (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 101-102, 303-304 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 248-249); Stewart, *The Rise of Public Science* (1992), 14-15; Boas Hall, *Promoting Experimental Learning* (1991), 122; y Heilbron, *Physics at the Royal Society* (1983), esp. 14, 21, 31, 43.

¹¹⁰² Savery identificó esto como un problema (Smith, «A New Way of Raising Water by Fire» (1998), 174).

¹¹⁰³ De ahí la opinión de Papin de que su barca a vapor no podría funcionar en el Fulda, sino que era necesario probarlo en un puerto de mar: carta a Leibniz, 7 de julio de 1707. Véase también su carta a Leibniz, 15 de septiembre 1707: «Je suis persuadé que si Dieu me fait la grâce d'arriver heureusement à Londres et d'y faire des vaisseaux de cette construction qui aient assez de profondeur pour appliquer la machine à feu à donner le mouvement aux rames, je suis persuadé, dis-je, que nous pourrions produire des effets qui paroîtront incroyables...» (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 291-293 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 383-385). Tönsmann, «Wasserbauten und Schiffahrt in Hessen» (2009), identifica correctamente como una leyenda la afirmación de que Papin había construido un barco de vapor que funcionaba, pero supone equivocadamente que los planes de Papin para un barco de vapor se basaban en su pistón impulsado por la presión atmosférica de 1690 y no por su motor de tipo Savery de 1707.

barco de ochenta toneladas, de quizá 30 metros de largo, y construirlo costaría «solo cuatrocientas libras»¹¹⁰⁴. ¿Qué valor tenían 400 libras esterlinas? Cincuenta mil libras en moneda actual, utilizando un índice de precio al por menor, pero 725 000 libras en moneda actual utilizando un multiplicador promedio de salario. Quizá una medición más útil es que era cuatro veces el salario del profesor lucasiano de matemáticas en Cambridge: digamos, por lo tanto, 400 000 libras^{cccxxxvii cccxxxviii}.

Así las ilustraciones del siglo XIX de Papin navegando con su barca accionada a vapor son completamente desorientadoras porque muestran un motor montado sobre la cubierta de una pequeña embarcación, no un gran buque marino con un motor bajo la cubierta. Es imposible soslayar el problema de que el motor de presión de vapor de Papin no se podía hacer funcionar para que accionara un barco a menos que se llevara a cabo a gran escala^{cccxxxix}. El proyecto, simplemente, es impráctico. Papin, que constantemente imaginaba nuevos proyectos (al igual que muchos otros, pensaba que podía fabricar un reloj lo bastante preciso para medir la longitud), no pudo conseguir que nadie lo respaldara. Sus últimos años fueron de fracasos y pobreza. Lo último que sabemos de él lo escribió el 23 de enero de 1712: «Me encuentro en una

¹¹⁰⁴ Smith, «A New Way of Raising Water by Fire» (1998), 169.

situación triste»¹¹⁰⁵. No sabemos dónde, cuándo ni cómo murió este gran científico-ingeniero¹¹⁰⁶.

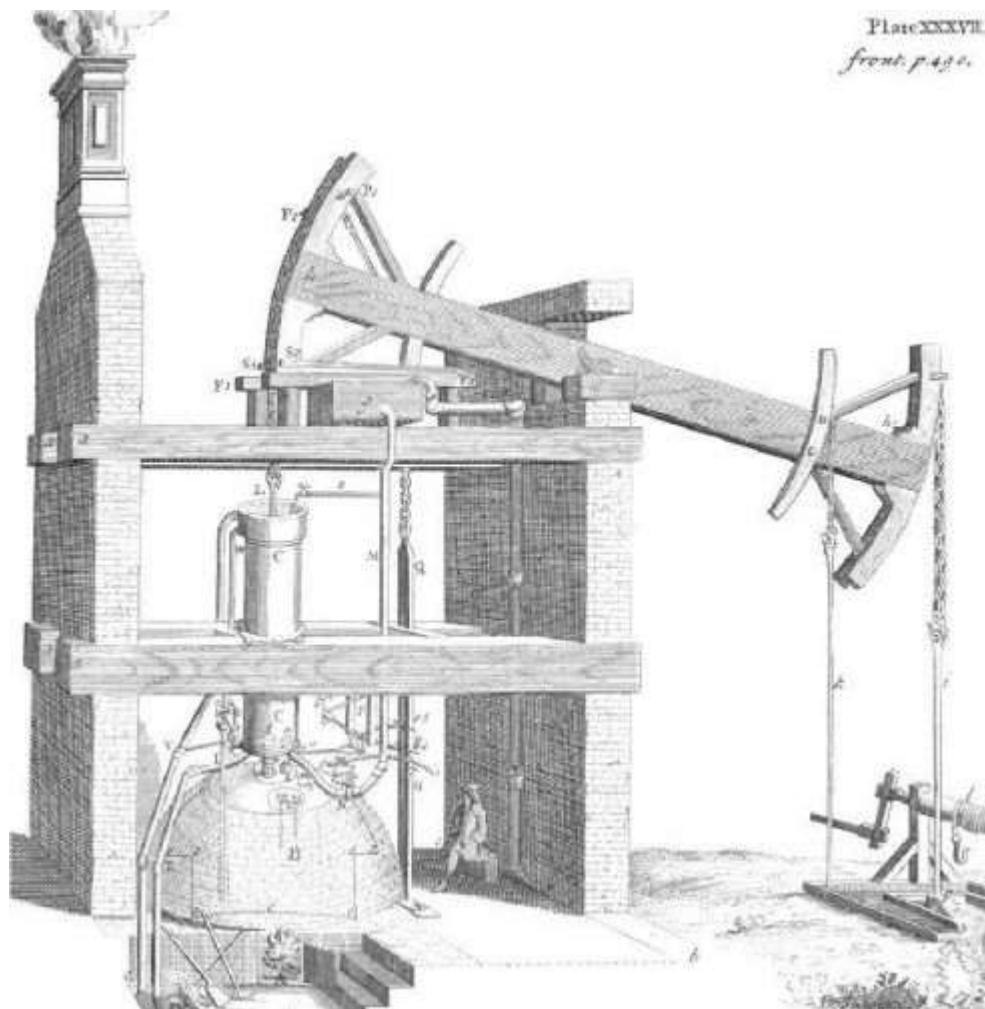
§ 4.

Solo cinco años después del fracaso de Papin, Newcomen produjo el primer motor de vapor viable desde el punto de vista comercial. El gran mérito del motor de Newcomen era su simplicidad de concepción y modestia de ambición. Consistía en un único pistón, accionado por la presión de la atmósfera. Cuando el pistón es empujado hacia abajo tira de una gran viga que acciona una bomba de fuerza. El peso del mecanismo de la bomba asegura que el pistón se mantenga en la posición superior. El aire es empujado fuera del cilindro al llenarse de vapor; después el vapor se condensa inyectando agua en el cilindro (Newcomen descubrió por accidente cómo hacerlo), y la atmósfera empuja el pistón hacia abajo; después se reintroduce vapor en el cilindro a presión atmosférica; esto libera el pistón, que es levantado por el peso de la bomba. El motor funcionaba lentamente, a unos quince ciclos por minuto. El motor es simple porque, como el primer motor de vapor de Papin, de 1690, consta de un único cilindro accionado únicamente por la presión

¹¹⁰⁵ Archivos de la Royal Society; transcritos erróneamente en Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 7, 74.

¹¹⁰⁶ De La Saussaye, según Bannister, *Denis Papin: Notice sur sa vie et ses écrits* (Blois: F Jahyer, 1847), 23 (worldcat lista solo una copia de esta obra; otra se encuentra en la colección de este autor), cita fragmentos sin fecha de la correspondencia de Leibniz que, según afirma, establecen que Papin estaba en Hesse en 1714: Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 1, 251-252. Pero véase Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 114, 256-260.

atmosférica. El motor de Savery, y el segundo motor de Papin, necesitaban producir una presión elevada con el fin de ser efectivos, pero, en la práctica, no se podían construir calderas ni cilindros que resistieran tal presión. Por otro lado, Newcomen, a diferencia de Savery, tenía que construir un pistón móvil, con todas las dificultades de fricción potencial y de pérdidas que ello implicaba.



El motor de Newcomen, tal como se ilustra en A Course of Experimental Philosophy (1734-1744; tomado de la reimpresión de 1763), de John Theophilus Desaguliers. La caldera está a la

izquierda, con el pistón que surge verticalmente de ella y que está conectado al brazo oscilante. (Special Collections, Leeds University Library, Leeds).

Newcomen tenía poca educación formal. Nacido en 1664, era un quincallero en Dartmouth, Devon, y un presbítero en la iglesia baptista local. Pero, casi sin ayuda de nadie (sabemos de un ayudante, mister Cawley, un vidriero), produjo una nueva tecnología. ¿Cómo fue posible? Esto desconcertó a sus contemporáneos, igual que nos desconcierta a nosotros. La primera posibilidad es que trabajara en completo aislamiento, sin tener conocimiento de nada de lo que había ocurrido antes. Solo hace falta plantear esta posibilidad para ver que tiene que estar equivocada. Para empezar, Newcomen no pudo haber diseñado su motor sin tener idea de la presión de la atmósfera, puesto que esta proporciona su fuerza impulsora. Es cierto que el conocimiento de la presión del aire era general en 1712, y cualquier explicación del funcionamiento de un barómetro habría transmitido a Newcomen los descubrimientos de Torricelli y Pascal. Pero habría necesitado esto como un mínimo absoluto.

Casi no tenemos información directa sobre Newcomen antes de 1712, pero por lo que les contó a sus socios en etapas más avanzadas de su vida, dos cosas parecen evidentes. Primera, empezó a trabajar en su motor de vapor alrededor de la misma época en que Savery empezó a trabajar en el suyo, es decir, no más tarde de 1698. Segunda, trabajó en completa independencia de

Savery¹¹⁰⁷. No obstante, algunos estudiosos creen que esto no tiene sentido. Newcomen tuvo que haberse beneficiado de la experiencia de Savery o de la de Papin. Un estudioso ha declarado con osadía, y contra toda evidencia, que Newcomen era simplemente un empleado de Savery¹¹⁰⁸. Otro, yendo como él mismo declara «en contra de toda evidencia», ha sugerido que Newcomen y Savery pudieron haberse encontrado en enero de 1707, o poco después, cuando sabemos que Savery fue a Dartmouth; pero esto es demasiado tarde (por lo que pronto es alterado mediante un juego de manos en «hacia 1705», que sigue siendo demasiado tarde)¹¹⁰⁹. Un estudioso de finales del siglo XVIII «resolvió» el problema al afirmar que Hooke (que murió en 1703) había escrito a Newcomen describiendo el primer motor de vapor de Papin. Este cuento todavía se repite, a pesar del hecho de que los documentos que se supone que lo respaldan no existen, y que se sabe que no existen desde 1936¹¹¹⁰. Otro estudioso dice que «a buen seguro Thomas Newcomen tuvo que haber visto los esquemas de Papin de sus modelos de protomotores y bombas, publicados en varios números de las *Philosophical Transactions* entre 1685 y 1700», maquillando el hecho de que ninguna de las publicaciones de Papin en las *Transactions* trataba de la energía del

¹¹⁰⁷ Rolt y Allen, *The Steam Engine of Thomas Newcomen* (1977), 39.

¹¹⁰⁸ Wallace, *The Social Context of Innovation* (1982), 60-61.

¹¹⁰⁹ Rolt y Allen, *The Steam Engine of Thomas Newcomen* (1977), 38-39.

¹¹¹⁰ Rosen, *The Most Powerful Idea in the World* (2010), 31 y n.; compárese Rolt y Allen, *The Steam Engine of Thomas Newcomen* (1977), 36.

vapor; todas versaban sobre la energía del agua o la energía humana¹¹¹¹.

Los motores de Papin eran los más cercanos en concepción a los de Newcomen. El gran historiador Joseph Needham dijo, de manera muy razonable: «Pienso que es casi imposible creer que Newcomen no supiera del cilindro de vapor de Papin»¹¹¹². Pero Papin había construido y operado su primer motor en Alemania. Ningún inglés, hasta donde sabemos, lo había visto nunca. Lo describió varias veces en publicaciones, en latín y en francés, pero nunca en inglés. Un único párrafo apareció describiéndolo en inglés en una reseña de una de las publicaciones de Papin, que apareció en las *Philosophical Transactions* de 1697:

La cuarta carta muestra un método de drenar minas, donde no se tiene la conveniencia de un río cercano para que opere el mencionado motor [de bombeo mediante una rueda hidráulica]; en el que, habiendo conocido la inconveniencia de producir un vacío en el cilindro para este fin con pólvora [como había hecho Huygens], propone convertir alternativamente una pequeña superficie de agua en vapor, mediante fuego aplicado al fondo del cilindro que la contiene, vapor que fuerza el tapón [es decir, el pistón] hacia arriba del cilindro hasta una altura considerable, y que (cuando el vapor se condensa al enfriarse el agua

¹¹¹¹ Compárese Mokyr, «The Intellectual Origins of Modern Economic Growth» (2005), 298 n., con Wallace, *The Social Context of Innovation* (1982), 55-56.

¹¹¹² Citado en Wallace, *The Social Context of Innovation* (1982), 56.

*cuando se aparta del fuego) desciende de nuevo por la presión del aire, y se aplica a elevar el agua fuera de la mina*¹¹¹³.

Es muy improbable que Newcomen hubiera tenido acceso a las *Philosophical Transactions*, pero si lo tuvo, este único párrafo, sin ninguna ilustración de apoyo, lo habría dejado con una tremenda cantidad de trabajo que hacer. En cuanto al motor de Papin más avanzado que North había esbozado, este habría sido obviamente de gran interés para Newcomen si lo hubiera conocido, pero probablemente era posterior al inicio del programa de experimentación de Newcomen, y su diseño es mucho más complicado que el de Newcomen; de hecho, podemos dudar de que Papin hubiera conseguido nunca que funcionara adecuadamente. Puede ser útil listar algunas de las cosas que Newcomen tendría que haber inventado para construir un motor de vapor que funcionara, o que habría necesitado, incluso antes de ello, para realizar un programa de experimentos. Gran parte de lo que necesitaba era fácil de obtener. El cubo de la bomba y la manivela de la bomba, por ejemplo, eran aplicaciones directas de tecnologías existentes, y la caldera era básicamente un calderón grande de cobre de cervecero. Pero otras cosas estaban lejos de ser de obtención fácil. Primero, aunque la idea de usar un cilindro y un pistón se remontaban a Guericke, no había una experiencia reciente de combinar esto con el

¹¹¹³ Anon., «Account of Books» (1697).

vapor en Inglaterra. Segundo, Newcomen necesitaba un medio para hacer que el pistón fuera hermético. Selló su pistón con una arandela de cuero y una capa de agua inyectada en el cilindro. (John Morland había diseñado bombas que usaban pistones en la década de 1680; su sello era muy diferente¹¹¹⁴). Tercero, habría sido magnífico disponer de un indicador de presión: el barómetro es el primer indicador de presión, pero Boyle y Papin habían descrito un elaborado indicador de presión en la *Continuation of New Experiments* de 1682. Fundamentalmente, era esencial disponer de una válvula de seguridad, que es en sí misma una forma de indicador de presión: Papin había inventado una, y había incorporado una en su diseño de 1707 (aunque quizá no en la versión que había explotado). Newcomen usó en su motor una versión de la válvula de seguridad de Papin (llamada «Puppet Clack»¹¹¹⁵). Además, necesitaba una técnica para hacer que las válvulas del pistón se abrieran y cerraran por la acción de la propia máquina¹¹¹⁶.

Finalmente, hay un prerrequisito adicional. Un rasgo del motor de Savery es que funciona mejor a pequeña escala que cuando se aumenta su tamaño: al hacerse mayores los cilindros, su volumen

¹¹¹⁴ Dickinson, *Sir Samuel Morland* (1970), 57-58.

¹¹¹⁵ Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), 472; Hills, *Power from Steam* (1989), 33; el motor de Savery no disponía de válvula de seguridad (el vapor podía salir directamente de él si el agua no alcanzaba la altura adecuada); Desaguliers introdujo una como mejora en 1717.

¹¹¹⁶ A veces se dice que esto es un progreso posterior, pero véase Rolt y Allen, *The Steam Engine of Thomas Newcomen*, 1977, 79-80. Las válvulas podrían abrirse y cerrarse a mano en una actividad de prueba, pero la máquina tendría que haber operado demasiado lentamente para ser práctica sin automatización.

aumenta más rápidamente que su superficie, de modo que el enfriamiento se hace menos eficiente. Así que cuando Savery construyó un modelo podría haberse equivocado al pensar que había hecho un descubrimiento. El motor de Newcomen es lo contrario; la relación entre energía y fricción es muy desfavorable a una escala pequeña, y se torna más favorable a medida que el motor aumenta de tamaño porque el volumen del cilindro (que determina la potencia del motor) aumenta más rápidamente que la circunferencia del pistón (que determina la cantidad de fricción¹¹¹⁷). Desaguliers y un amigo construyeron posteriormente modelos de los motores de Savery y de Newcomen: a pesar de su extraordinaria experiencia, Desaguliers quedó claramente atónito al ver que el motor de Savery funcionaba mejor que el de Newcomen¹¹¹⁸. Newcomen debió de comprender desde el principio esta cuestión de escala, de otro modo nunca hubiera persistido cuando sus primeros modelos funcionaron (como correspondía) muy mal. Tuvo que haber obtenido este conocimiento de algún origen.

Desde luego, Newcomen pudo haber inventado todo esto y más; después de todo, trabajó en su nuevo motor durante unos catorce años antes de estar listo para ponerlo públicamente en operación. Pero vale la pena saber que solo hace unos pocos años que un intento de construir una réplica a una escala de un tercio de un

¹¹¹⁷ Leibniz había comprendido este principio: carta a Papin, 28 de agosto de 1698 (Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 28-32 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 239).

¹¹¹⁸ Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), vol. 2, 489-490.

motor Newcomen encontró una gran cantidad de dificultades. Incluso con buenos planos, incluso con mucha experiencia técnica, incluso con un conocimiento de lo que se suponía que era el producto final y con una absoluta certeza de que se podría hacer funcionar, resultó que hicieron falta muchos meses de jugar y remendar para conseguir que el motor funcionara adecuadamente¹¹¹⁹. Idealmente, Newcomen necesitó una fuente de información que le hubiera suministrado todo tipo de informaciones clave, de manera que pudiera concentrarse en deducir cómo ensamblar una máquina que funcionara. Esto hubiera sido suficiente para mantenerlo ocupado en su tiempo libre durante una década o más.

§ 5.

Esta fuente existía, efectivamente, y es mucho más probable que Newcomen hubiera dado con ella que con las *Philosophical Transactions*. Es una fuente que los historiadores del motor de vapor han pasado por alto porque no discute sobre motores de vapor. De hecho, ha sido pasada por alto de manera general: no hay una sola cita de ella en Google Scholar, o en la web of Science de Thomson Reuters. Es fácil tener la impresión de que nadie la ha leído en el último siglo, a pesar del hecho de que su autor es bien conocido y, a juzgar por el número de ejemplares que se han conservado, el libro se vendió bien cuando se publicó por primera

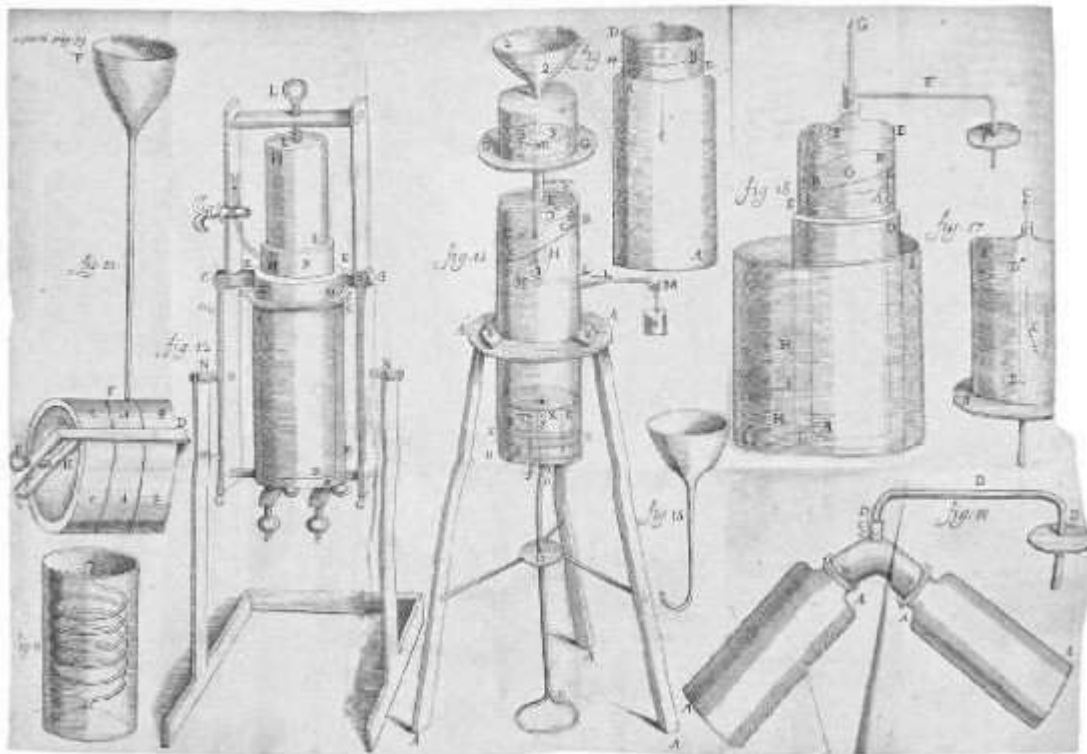
¹¹¹⁹ Hills, *Power from Steam* (1989), 21-22.

vez. Me refiero a *Continuation du Digesteur ou manière d'amollir les os* («Continuación del digestor o manera de ablandar los huesos»), publicado por Denis Papin en 1686 (la versión inglesa, *A Continuation of the New Digester of Bones*, se publicó en 1687)¹¹²⁰.

Papin publicó el primer informe de su nuevo digestor en 1681. Era, muy simplemente, la primera olla a presión, un baño maría cerrado. Puesto que la olla a presión transforma el agua en vapor bajo presión, cuece a un calor superior al del agua hirviente normal, y por lo tanto mucho más deprisa, o (en el caso de la digestión de huesos) cuece hasta que los materiales duros se han reducido a pulpa blanda. (El digestor de Papin ocupa un lugar especial en la historia porque en 1761 o 1762 Watt realizó sus primeros experimentos con vapor al fijar una jeringa a la válvula de seguridad de un digestor de Papin, con lo que produjo un motor de vapor primitivo). Los libros *La manière d'amolir les os, et de faire cuire toutes sortes de viandes* («La manera de ablandar los huesos y de hacer cocer todo tipo de carnes», 1682) y su *Continuation* se solían encuadernar juntos, y es fácil imaginar que Newcomen adquirió la *Continuation* sola o ambos volúmenes juntos en 1687 o en algún momento de la década anterior a cuando empezó a trabajar en su motor de vapor. Su motivo pudo ser evidente: había la posibilidad

¹¹²⁰ El English Short Title Catalogue lista veintiocho ejemplares, en comparación, por ejemplo, con treinta y nueve ejemplares de *Continuation of New Experiments*, de Robert Boyle (1682); y podemos estar seguros de que sobrevivió una proporción mucho mayor del libro de Boyle que de este, que tiene algunas características obvias de una publicación efímera. Una traducción francesa tanto del *New Digester* original como de la *Continuation* apareció en 1688: Papin, *La manière d'amollir les os* (1688).

de obtener un beneficio al fabricar y vender el dispositivo de Papin y, puesto que Papin había insistido que cualquiera era libre de copiarlo y no lo había protegido con ninguna patente, no existía obstáculo alguno para que Newcomen intentara hacer dinero con él.



Bomba de aire de Papin, 1687, de A Continuation of the New Digester. (© The Royal Society, Londres).

Sin embargo, el título reducido es una pobre guía para el contenido del libro de Papin. El título completo, traducido, es más informativo: «Una continuación del nuevo digester de huesos: sus mejoras y nuevos usos a los que se ha aplicado tanto en el mar como en tierra; junto con algunas mejoras y nuevos usos de la bomba de aire, probados en Inglaterra e Italia». Este es, en parte, un libro acerca de

la bomba de aire (aunque los historiadores de la bomba de aire y de los experimentos de vacío no lo han leído¹¹²¹), y proporciona una ilustración y descripción del modelo más reciente (y último) de Papin¹¹²². La bomba de Papin consta de un cilindro con un pistón; el pistón está sellado por una capa de agua, y Papin describe minuciosamente cómo conseguir esto¹¹²³. El método utilizado corresponde al método empleado inicialmente por Newcomen, aunque este encontró otro mejor¹¹²⁴. El cilindro, como el pistón del motor de vapor de Newcomen, tiene diversas válvulas y admisiones que se abren y se cierran con la acción del pistón. (Papin fue el primero en construir una bomba de aire en la que la acción de las válvulas era automática). Hay una válvula cerrada por un peso, aunque en este caso no es una válvula de seguridad; sin embargo, Papin describe la operación de dicha válvula. Así, se expone la tecnología básica del pistón del motor de vapor porque dicha tecnología se superpone con la tecnología de la bomba de aire; es precisamente debido a dicha superposición que Papin pudo, tres años después, construir el primer motor de vapor^{cccxi}.

¹¹²¹ No hay mención alguna, por ejemplo, en la literatura sobre la bomba de aire: Andrade, «The Early History of the Vacuum Pump» (1957); Van Helden, «The Age of the Air-pump» (1991); y Schimkat, «Denis Papin und die Luftpumpe» (2009); o el estudio clásico, Wilson, «On the Early History of the Air-pump in England» (1849).

¹¹²² Este es presumiblemente el modelo utilizado para los experimentos en Boyle, *A Continuation of New Experiments* (1682), que Boyle nos dice en el prefacio que difería de su propia bomba de aire (también diseñada por Papin), que se describe y se ilustra al principio de Boyle, *Experimentorum novorum* (1680) y Boyle, *A Continuation of New Experiments* (1682) (= Boyle, *The Works* (1999), vol. 9, 134; el ejemplar de Boyle, *A Continuation of New Experiments* (1682) en la EEBO es defectuoso porque carece de las ilustraciones). Sin embargo, incorpora una mejora que data de 1684: Papin, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 5, 7-11.

¹¹²³ Papin, *A Continuation of the New Digester* (1687), 45.

¹¹²⁴ Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), vol. 2, 470, 482-483, 533.

Pero la *Continuation* hace más que esto. Proporciona al lector la línea de pensamiento que condujo a Papin a la invención del motor de vapor. He aquí lo que dice:

Yo podría también considerar entre los usos de este motor [la bomba de aire] la fuerza que puede proporcionar para producir grandes efectos sin el impedimento de grandes pesos; porque un tubo muy homogéneo y bien trabajado puede hacerse muy ligero y aun así, vaciado de aire, resistirá la presión de la atmósfera. No obstante, un tapón muy exacto en un extremo de dicho tubo será empujado hacia el otro con mucha fuerza, al menos si el tubo era de un diámetro muy grande; por ejemplo, si tuviera un pie de diámetro el tapón sería empujado con la fuerza de unas 1800 libras. El famoso mister Guericke fue el primero que intentó aplicar esta fuerza a disparar una bala de plomo con un fusil, como puede verse en la descripción que dio en su libro del motor neumático. Yo también he tratado desde entonces de añadir alguna cosa a su invención, como puede verse en las *Philosophical Transactions* del mes de enero de 1686; desde entonces he calculado que una bala de plomo de una pulgada de diámetro que fuera disparada a través de un cañón de 4 pies de largo adquiriría la velocidad de volar a unos 128 pies por segundo; pero si la misma velocidad se diera a una bala de un pie de diámetro tendría que hacerse de hierro hueco en su interior, de manera que pesara alrededor de 37 libras y media. Porque si se hiciera de plomo y sólida pesaría unas 450 libras, de manera que al pasar a lo largo de los aproximadamente 4 pies de longitud del cañón, adquiriría solo la velocidad de 32 pies por

segundo. El extremo del cañón a través del cual pasara la bala tendría que taponarse con algo lo bastante fuerte para soportar la presión de la atmósfera, y puesto que eso se halla en el camino de la bala también reduce algo su fuerza¹¹²⁵.

Lo que Papin está describiendo aquí es un cañón de aire alimentado por la presión atmosférica; pero es evidente que el dispositivo, que requiere que la bala perfora un agujero para escapar del cañón del arma no es adecuado para ningún propósito práctico.

Lo que también describe es un pistón impulsado por la presión atmosférica; Papin estaba a punto de inventar el motor de vapor atmosférico, pero aquí el vacío lo crea su bomba, no la condensación del vapor. Sin embargo, describe repetidamente cómo usar el agua aplicada al exterior de un recipiente lleno de vapor con el fin de provocar la condensación rápida (aunque nunca empleó esta técnica en sus propios motores de vapor), y con ello un vacío¹¹²⁶. Si lo hubiera leído, Newcomen solo hubiera necesitado sumar dos y dos de la manera exacta en que Papin indicaba para tener el diseño básico de un motor de vapor. Si Papin podía hacerlo, ¿por qué Newcomen no podía hacerlo también? Además, Papin introduce aquí el lector al problema de escala: cuando se aumenta el tamaño del cañón, se torna menos eficiente, porque el peso de la bala aumenta más rápidamente que la superficie de su extremo. Alguien que pensara detenidamente en ello podía entender que a

¹¹²⁵ Papin, *A Continuation of the New Digester* (1687), 54-55.

¹¹²⁶ Papin, *A Continuation of the New Digester* (1687), 41, 48, 116.

medida que aumentara el diámetro del tubo, el aumento del peso de la bala quedaría parcialmente compensado por una reducción en la proporción de la energía perdida con la fricción.

El motor de vapor de Newcomen es algo así como un argumento con una habitación cerrada en un relato detectivesco. En la habitación cerrada hay un cadáver: ¿cómo entró y salió el asesino, y qué empleó como arma? Nuestro enigma es que tenemos a Newcomen en Dartmouth en 1698 o alrededor de este año, y no podemos ver de qué manera el conocimiento del motor de vapor pudo llegar hasta él. Al igual que en el misterio de la habitación cerrada, si podemos encontrar *una* solución, entonces hemos encontrado *la* solución. Desde luego, no podemos descartar la posibilidad de que Newcomen viajara a Londres y se reuniera con Papin en 1687; de hecho, Papin anunciaba que estaría disponible a unas horas determinadas cada semana para demostrar su digestor, aunque en realidad pronto abandonó el país. Pero no es necesario que imaginemos tal encuentro. Con un ejemplar de la *Continuation* en la mano, Newcomen habría conocido casi todo lo que Papin sabía acerca de cómo dominar la presión atmosférica para construir un motor. Allí estaban todos los detalles; todo lo que tenía que hacer era reconocer cómo tenían que ensamblarse para servir a un nuevo propósito, no para crear un arma sino para impulsar una bomba. Y la *Continuation*, con sus instrucciones de cómo construir un modelo revisado del digestor de Papin, es precisamente el tipo de libro que un quincallero provinciano y fabricante de poca monta habría estado buscando. La última cosa que Newcomen habría esperado

encontrar en él, la última cosa que habría buscado, es la descripción de un nuevo tipo de energía capaz de producir grandes efectos sin el estorbo de grandes pesos. Creo que de este encuentro accidental nació el motor de vapor.

Desaguliers, en el primer estudio importante del motor de vapor, insistía en que todos los grandes avances en el diseño del motor de vapor se habían hecho por azar:

Si el lector no está familiarizado con la historia de las diversas mejoras del motor de fuego desde que mister Newcomen y mister Cawley lo hicieron funcionar por primera vez con un pistón, imaginará que tiene que deberse a la gran sagacidad y a un conocimiento cabal de la filosofía, y que los remedios apropiados para los inconvenientes y los casos difíciles mencionados fueron pensados. Pero no ha sido así; casi todas las mejoras se han debido al azar¹¹²⁷...

Desaguliers eligió con cuidado sus palabras. Dijo que las mejoras se debieron al azar, pero dejó que sus lectores consideraran si la acción de hacer que por primera vez el motor de vapor funcionara con un pistón necesitara un buen conocimiento de la filosofía o no. Ciertamente, requería algo de filosofía, y algo de tecnología

¹¹²⁷ Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), vol. 2, 474 (véase también 532-533).

heredada. Sugiero que ambas las proporcionó la *Continuation* de Papin.

Efectivamente, cuando Desaguliers explica el funcionamiento del motor de Newcomen, da un paso notable. Nos pide que imaginemos un motor en el que «un filósofo» emplea una bomba de aire para crear un vacío en un pistón, antes de dedicarse a describir el diseño real de Newcomen, en el que el vapor se condensa en un pistón para hacer un vacío. Este filósofo no es ciertamente Newcomen; pero pienso que Desaguliers había intuido correctamente la única ruta plausible hacia la invención del motor de Newcomen. Allí donde Newcomen había unido dos más dos para producir el motor de vapor, Desaguliers, con el fin de explicar su funcionamiento, los separa de nuevo, reinventando el fusil de viento atmosférico de Papin¹¹²⁸.

Los historiadores han debatido desde hace mucho tiempo en qué medida la ciencia contribuyó a la Revolución Industrial. La respuesta es: mucho más de lo que han estado preparados para reconocer. Papin había trabajado con dos de los mayores científicos de la época, Huygens y Boyle. Era miembro de la Royal Society y profesor de matemáticas. En los veinte años transcurridos entre 1687 y 1707 trabajó para la construcción de un motor de vapor viable, pero al final fracasó. Sugiero que Newcomen recogió no aquello que Papin terminó, su motor de Savery modificado, sino lo que empezó. Al hacerlo heredó algunas de las teorías más

¹¹²⁸ Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy* (1734), vol. 2, 468.

avanzadas y algunas de las tecnologías más elaboradas producidas en el siglo XVII. Fue esto lo que hizo posible la Revolución Industrial. Primero fue la ciencia, después vino la tecnología^{cccxi}.

Conclusión

La invención de la ciencia

¿Cómo es posible que una actividad histórica, como una actividad científica, produzca verdades transhistóricas, independientes de la historia, desconectadas de todos los vínculos con el lugar y el tiempo, y por lo tanto válidas eterna y universalmente?

Bourdieu, Science of Science (2004):1

La conclusión da un paso atrás y pregunta cuáles son las consecuencias de reconocer la realidad de la Revolución Científica. El capítulo 15 considera los argumentos clave de los que dependen los relativistas y demuestra que no hacen lo que se afirma que hacen. El capítulo 16 aborda la afirmación de que cualquier historia de la Revolución Científica ha de ser una historia whig o teleológica, y argumenta que los oponentes de la historia whig han definido la historia de tal manera que no puede discutirse el cambio. El capítulo 17 termina el libro considerando el escepticismo de Montaigne y preguntando si tenemos derecho a afirmar que sabemos más de lo que él sabía.

Capítulo 15

Desafiando a la naturaleza

Salviati: Si esta cuestión sobre la que estamos discutiendo fuera algún punto de la ley o de una de las demás disciplinas en las humanidades, donde no hay verdad ni falsedad, entonces podríamos basarnos justificadamente en la sutileza intelectual, en la soltura verbal y en la amplitud y profundidad de las lecturas, y esperar que quien tuviera la ventaja en estos aspectos triunfaría al hacer que su argumento pareciera el más firme, y fuera aceptado como tal; pero en las ciencias naturales [scienze naturali], cuyas conclusiones son verdaderas y necesarias, y en las que las opiniones de los seres humanos son irrelevantes, se ha de tener cuidado en no dar nuestro apoyo al error, porque mil Demóstenes y mil Aristóteles se encontrarían derrotados por un intelecto mediocre que tuviera la fortuna de asociarse a la verdad. Por lo tanto, signore Simplicio, abandonad esta idea y esta esperanza que tenéis, de que puede haber hombres mucho más educados, mucho más refinados y con muchos más conocimientos aprendidos en los libros que el resto de nosotros

que pueden, desafiando a la naturaleza, transformar la falsedad en verdad.

Galileo, Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo (1632)¹¹²⁹

§ 1.

Shakespeare, para volver al comentario de Borges con el que empezó este libro, no tenía sentido de la historia. Leía a los autores clásicos como si fueran sus contemporáneos. Tenía mucha experiencia del cambio, a veces a mejor y a veces a peor, pero no tenía idea del cambio irreversible, y no tenía noción del progreso. Y esto no es en absoluto sorprendente, porque en su mundo había poca evidencia de progreso; cuando Shakespeare se retiró de los escenarios en 1613, Bacon había publicado solo un libro sobre la nueva ciencia, *The Advancement of Learning* (1605), y solo habían transcurrido tres años desde que Galileo había publicado sus descubrimientos telescópicos. Pero desde entonces el progreso ha sido ininterrumpido. No veo razón para revisar la opinión de John Stuart Mill de que uno de los principales impulsores del desarrollo económico ha sido «el crecimiento perpetuo, y hasta donde la previsión humana puede extenderse, ilimitado del poder del hombre

¹¹²⁹ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 7, 78 (la traducción es mía).

sobre la naturaleza», y que (como hemos visto en el capítulo 14) este poder es el resultado de un conocimiento científico creciente¹¹³⁰.

Alrededor del uso de la palabra «progreso» se han desarrollado toda suerte de tabús; de hecho, se ha convertido en un término que ya no puede emplearse en las humanidades sin que su uso no sea penalizado por lo que Pierre Bayle llamó «la ley de la opinión», una dura sanción en el mundo académico puesto que significa la negación de la permanencia en el cargo y de la promoción^{cccxlii}.

Permítaseme, pues, insistir que mis opiniones sobre esta cuestión coinciden con las de los más agudos críticos de la idea de progreso. He aquí lo que dice el filósofo John Gray en un libro subtulado *Against Progress and Other Illusions*: «En ciencia el progreso es un hecho, en ética y política es una superstición. El avance acelerado del conocimiento científico alimenta la innovación técnica, produciendo una corriente incesante de nuevas invenciones; se encuentra detrás del aumento enorme de la población humana en los últimos siglos. Los pensadores posmodernos pueden cuestionar el progreso científico, pero es indudablemente real»¹¹³¹.

Esta opinión solía ser totalmente convencional. Tal como dijo en 1936 George Sarton, el fundador de la Sociedad [americana] de Historia de la Ciencia y de su revista, *Isis*: «La historia de la ciencia es la única historia que puede ilustrar el progreso de la humanidad.

¹¹³⁰ Mill, *Principles of Political Economy* (1909), libro 4, cap. 1, §2. Y sin embargo Chunglin Kwa escribe: «La idea de que el progreso científico ha conducido a la expansión constante de nuestro poder sobre la naturaleza es un mito romántico». Kwa, *Styles of Knowing* (2011), 11.

¹¹³¹ Gray, *Heresies* (2004), 3.

De hecho, el progreso no tiene un significado definido e incuestionable en otros campos que no sean el campo de la ciencia»¹¹³². Tales afirmaciones han hecho que Sarton se convierta en alguien que solo es citado para demostrar lo ingenuos que éramos antaño. La reputación de Alexandre Koyré ha sobrevivido mejor que la de Sarton, pero dijo exactamente lo mismo un año antes: la historia de la ciencia, afirmaba, es la «única historia (junto con la de la tecnología, relacionada con aquella) que da algún sentido a la idea, tantas veces glorificada y tantas veces condenada, de progreso»¹¹³³.

Sarton y Koyré estaban en lo cierto. Una historia de la ciencia moderna sin progreso no consigue captar la característica única de la ciencia. Además, los mejores de los supuestos «relativistas» lo saben. Kuhn negaba que la ciencia hiciera progresos *hacia la verdad*^{cccxlili}, o que pudiera afirmar que había captado la verdad, pero siempre insistía en que había que encontrar un lugar para la idea de progreso en ciencia, aunque tenía una gran dificultad en explicar cómo podría ser este caso¹¹³⁴. El último capítulo de la *Structure* se titulaba «Progreso mediante revoluciones». En él Kuhn escribe: «Una especie de progreso caracterizará inevitablemente la empresa científica mientras tal empresa sobreviva»; y sigue aduciendo que ha de entenderse el progreso en términos

¹¹³² Sarton, *The Study of the History of Science* (1936), 5.

¹¹³³ Koyré, *Études Galiléennes* (1966), 11.

¹¹³⁴ Kuhn, *The Essential Tension* (1977): véase en el índice «progreso de la ciencia».

evolutivos¹¹³⁵. Richard Rorty, el más valiente defensor del pragmatismo, insistía que no hay cimientos epistemológicos sobre los que podamos construir un conocimiento incontrovertible, pero también era un admirador de Kuhn, y como Kuhn reconocía que la ciencia hace progresos en sus propios términos: «Decir que pensamos que vamos en la dirección adecuada es decir simplemente, con Kuhn, que podemos, en retrospectiva, contar la historia del pasado como un relato de progreso»¹¹³⁶. Una forma de progreso que apunta a la predicción y el control lo hace mejor en la predicción y el control. El progreso es parte del relato. Este libro no está dirigido al relativismo mitigado de Kuhn o Rorty, sino al relativismo fuerte que presenta el progreso en ciencia como una ilusión, la consecuencia de un malentendido de lo que tiene lugar realmente cuando los científicos discrepan entre sí. El público (y los propios científicos) imagina que es la calidad de la evidencia lo que determina el resultado; en realidad, se nos dice, es la condición, el poder y la habilidad retórica de los combatientes.

§ 2.

Este énfasis en el carácter contingente y local del conocimiento científico está apoyado por lo que muchos consideran que es un argumento filosófico de importancia profunda, la llamada «tesis de

¹¹³⁵ Kuhn, *Structure* (1970), 170.

¹¹³⁶ Rorty, «Science as Solidarity» (1991), 39. Véase también Rorty, «Thomas Kuhn, Rocks and the Laws of Physics» (1999), en 179-180. Para una crítica rápida y eficiente de Rorty sobre la ciencia, véase Williams, *Essays and Reviews, 1959-2002* (2014), 204-215.

Duhem-Quine», que recibe el nombre de Pierre Duhem (1861-1916), un físico e historiador de la ciencia, y de W. V. O. Quine (1908-2000), un filósofo americano¹¹³⁷. La tesis tiene un nombre incorrecto porque, como se suele formular, Duhem no la respaldaba y Quine la abandonó, pero es la base conceptual de gran parte de la historia moderna y de la filosofía de la ciencia^{cccxliv}.

La tesis toma dos formas. Primera, se argumenta que una teoría científica no puede ser refutada por experimentos: no solo que no puede ser refutada por un único experimento, no importa las veces que se repita, sino que no puede ser refutada por toda una serie de experimentos diferentes. Las teorías científicas son cosas complejas, porque están constituidas por paquetes de teorías, hechos y equipamiento interconectados. Si un experimento produce un resultado que no concuerda con la teoría, entonces algo está mal; pero no se puede decir simplemente que la teoría es incorrecta. Alguna otra teoría de la que esta teoría depende puede tener un fallo, algún hecho que se ha dado por sentado puede estar equivocado, o alguna pieza del equipo puede no operar como se pretendía. En consecuencia, los resultados del experimento no pueden refutar una teoría. A esto se le llama «holismo».

¹¹³⁷ Quine, «Two Dogmas of Empiricism» (1951). Que la tesis de Duhem-Quine no es universalmente cierta, y que su aplicabilidad ha de demostrarse para cada caso particular, lo ha demostrado Grünbaum, «The Duhemian Argument» (1960). Además, Duhem nunca respaldó la tesis de Duhem-Quine: Ariew, «The Duhem Thesis» (1984). Laudan, «Demystifying Underdetermination» (1990), proporciona una crítica devastadora de las aplicaciones mal interpretadas de la tesis. Popper ya había abordado la tesis de Duhem en 1935: Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (1959), 42, 78-84.

Pero tomemos el ejemplo de navegar hasta América. Esto fue, efectivamente, un experimento, y fue un experimento crucial: refutó de plano la teoría de las dos esferas. La única manera de rescatar la teoría a la luz de la nueva evidencia habría sido decir que todos los navegantes estaban equivocados: América no estaba donde pensaban que estaba. Nadie creyó que valiera la pena seguir esta línea de argumento. Esto no hubiera sorprendido a Duhem, quien formuló específicamente su tesis para abordar la física moderna; reconocía que no era de aplicación, por ejemplo, a la biología del siglo XIX.

Segunda, se afirma que las teorías tienen una relación muy laxa con los hechos. Dado cualquier conjunto de hechos, hay innumerables teorías que pueden explicarlos, de la misma manera que hay innumerables líneas que pueden dibujarse a través de cualquier conjunto de puntos para unirlos. Esto significa que los científicos, aunque pueden no ser conscientes de ello, nunca están obligados a adoptar ninguna teoría concreta: siempre hay alternativas que funcionarán igualmente bien o, de hecho, por lo que sabemos, mejor^{ccciv}. Y, desde luego, hechos y teorías tienen una relación íntima: lo que cuenta como hecho depende de las teorías que uno sostiene, y el que una teoría parezca ser válida depende de hechos que uno reconoce. Esta relación laxa, resbaladiza e incestuosa entre hechos y teorías se denomina «principio de subdeterminación».

De nuevo, el ejemplo de navegar hacia América presenta problemas para el principio de subdeterminación: hemos visto que aunque Bodin propuso una alternativa a la teoría del globo terráqueo,

nunca fue viable; ni una sola persona vino en su apoyo. La teoría del globo terráqueo no era subdeterminada; en este caso la relación entre la teoría y los hechos era ajustada, no laxa. Lo mismo puede decirse de las fases de Venus: una vez se reconoció su existencia, la conclusión de que Venus orbitaba alrededor del sol era ineludible.

Estos dos principios (holismo y subdeterminación) es lo que se invoca cuando se apela a la tesis de Duhem-Quine. El argumento convencional es que esta tesis demuestra que la evidencia no determina lo que los científicos consideran que es verdad; en consecuencia, se afirma, las creencias científicas son modeladas ante todo por factores culturales y sociales. Si la ciencia está determinada en gran medida por la cultura, entonces de ahí se sigue la conclusión que ya es familiar: sus procedimientos y conclusiones reflejarán un consenso puramente local^{cccxvi}. Esta convicción proporciona todavía otra razón para insistir en que no hubo tal cosa como «la Revolución Científica del siglo XVII». La ciencia, hemos de comprenderlo, era una cosa en Florencia, algo totalmente diferente en París o Londres. Los historiadores del libro pretenden bloquear la objeción obvia (que los científicos de Londres leían libros escritos por científicos en Florencia y París, y así pertenecían a una única comunidad intelectual) al mantener que los libros significaban cosas diferentes para los diferentes lectores, de

modo que leer a Galileo en Florencia en la década de 1640 era una empresa totalmente diferente de leerlo en Londres en la de 1660¹¹³⁸. Este contraste entre significados locales y mensajes cosmopolitas es perfectamente sensato. Solo hay que tener el equilibrio adecuado. Puede que Galileo nunca abandonara Italia, pero tenía estudiantes ingleses y escoceses, y su *Due nuove scienze* se publicó primero en Leiden; William Harvey, el descubridor de la circulación de la sangre, estudió medicina en Padua; René Descartes viajó de Francia a Holanda, Christiaan Huygens de Holanda a Francia, Thomas Hobbes de Inglaterra a Francia; Robert Boyle pudo haber pasado su vida laboral en Oxford y Londres, pero viajó a Italia y aprendió italiano; su socio, Denis Papin, trabajó en Francia, Inglaterra, Italia y Alemania. Y, desde luego, casi todos los primeros científicos compartían un idioma común. Galileo publicó su *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano* en italiano en 1632, pero apareció en latín en 1635; Boyle publicó sus *New Experiments Physico-mechanical Touching the Spring of the Air* en inglés en 1660, pero apareció en latín en 1661; Newton publicó su *Opticks* en inglés en 1704, pero apareció en latín en 1706. De los primeros 550 miembros de la Royal Society, elegidos entre 1660 y

¹¹³⁸ Biagioli, «Scientific Revolution, Social Bricolage and Etiquette» (1992); Johns, *The Nature of the Book* (1998) (y véase Eisenstein, «An Unacknowledged Revolution Revisited» (2002); Johns, «How to Acknowledge a Revolution», 2002); Livingstone y Withers (eds.), *Geography and Revolution* (2005); Ogborn y Withers, «Book Geography, Book History» (2010). El localismo y la contingencia son fundamentales para el programa sólido: véase Bloor, «Anti-Latour» (1999). Para una expresión de preocupación de que el localismo no ha quedado equilibrado por un estudio de cómo la ciencia viaja, Secord, «Knowledge in Transit» (2004), 660; y, para un intento atrevido pero mal encaminado para huir del dilema localismo/globalismo, véase Latour, *We Have Never Been Modern* (1993).

1700, setenta y dos eran extranjeros (y la proporción de extranjeros aumentó en el siglo XVIII, hasta alcanzar un tercio¹¹³⁹). La nueva ciencia no conocía fronteras de idioma o nacionalidad, al menos no en Europa occidental, en el seno del mundo de la imprenta, las armas de pólvora, el telescopio y el reloj de péndulo.

Una interpretación moderada de la tesis de Duhem-Quine nos lleva a un constructivismo mixto, en el que la evidencia y la cultura tienen cada una un papel que desempeñar en la construcción de las creencias científicas¹¹⁴⁰. La *Copernican Revolution* (1959) de Kuhn proporciona un ejemplo de ello. Según Kuhn, el copernicanismo venció a los sistemas alternativos (el ptolemaico y el tiónico) antes de la invención del telescopio, pero esto no puede explicarse simplemente en términos de la elegancia matemática del sistema copernicano; otros factores culturales, como el neoplatonismo, que podía haber animado a la gente a reverenciar el sol, también fueron importantes^{cccxlvi}. Otro ejemplo podría ser la disposición de Newton a aceptar la idea de la acción a una distancia. Para los cartesianos, la teoría de la gravitación de Newton no tenía sentido; pero en Inglaterra, donde el cartesianismo no se había adoptado nunca sin reservas, y donde los argumentos a partir del diseño se aceptaban generalmente, la resistencia a la teoría fue mucho más débil. Pero una vez que una ciencia se establece, se torna, en un grado notable, autónoma, inmune a la influencia de otros campos¹¹⁴¹. Esto no

¹¹³⁹ Hunter, *The Royal Society and Its Fellows* (1982), 107.

¹¹⁴⁰ En este sentido, la aproximación de Horton, *Patterns of thought* (1997) me parece ejemplar.

¹¹⁴¹ Véase Bourdieu, *Science of Science* (2004).

quiere decir que no sea modelada por la cultura así como por la evidencia; pero la cultura que la modela es, ante todo, la cultura de la propia ciencia. Así, Kepler, porque estaba familiarizado con la obra de Gilbert sobre los imanes, podía usar como modelo la fuerza magnética, y sobre la base de esta identificar sus leyes de movimiento planetario: Gilbert hizo posible que Kepler concibiera una astronomía fundamentada en la física y no en la mera geometría. Así, Newton, en Inglaterra, podía proponer su teoría de la gravedad, pero solo porque ya tenía (a diferencia de los cartesianos) la idea de *una teoría*: algo más que una hipótesis pero distinto de una prueba.

Una interpretación intransigente de la tesis de Duhem-Quine lleva a la conclusión de que la ciencia es *totalmente* una construcción social, o al menos debería estudiarse como si lo fuera, y que la realidad (las fuentes del Danubio, la existencia de América, las fases de Venus) no es asunto que concierna a historiadores y sociólogos. Si esto es correcto, entonces no hay manera de distinguir la buena ciencia de la mala ciencia, porque todas las teorías son, o han de considerarse como si fueran, igualmente adecuadas (a eso se le ha llamado «igualitarismo cognitivo»), y por lo tanto no tiene sentido discutir el progreso en ciencia^{cccxlvi}. Yo a esto lo llamo relativismo^{cccxlvi}. Durante un período considerable esta interpretación intransigente ha sido la posición dominante en la historia de la ciencia. Es precisamente debido a que la tesis de Duhem-Quine, así interpretada, no puede manejar ni la desaparición de la teoría de las dos esferas ni el geocentrismo

ptolemaico, que estos acontecimientos históricos cruciales han permanecido invisibles para los que están convencidos de la verdad de la tesis. Sus defensores se comportan exactamente igual que el filósofo Cesare Cremonini cuando se negó a mirar a través del telescopio de Galileo: se mantienen en sus convicciones aun cuando la evidencia demuestra que están equivocados, mediante la sencilla estratagema de ignorar todo lo que no concuerde con su teoría.

§ 3.

Se emplea exactamente el mismo enfoque relativista en relación a hechos que a teorías; de hecho, ambos resultan a veces indiferenciables. Según Ian Hacking no existe un acuerdo necesario sobre mediciones básicas, como la velocidad de la luz¹¹⁴². Afirma Hacking que puede demostrarlo al indicar que la primera persona que midió la velocidad de la luz obtuvo una cifra muy diferente de la que ahora consideramos fiable, y por ello se cree capacitado para rechazar el argumento de que el acuerdo sobre la velocidad de la luz era inevitable porque es «horrible». En realidad, el «argumento horrible» es el de Hacking (por inusitado), y para verlo solo tenemos que considerar la evidencia.

Hacking, siguiendo la convención establecida, presenta al astrónomo Ole Rømer (1644-1710) como el primero que midió la velocidad de la luz. En realidad, Rømer no calculó nunca una cifra

¹¹⁴² Hacking, «How Inevitable are the Results of Successful Science?» (2000), 64-66, y Hacking, *The Social Construction of What?* (1999), 163-165.

para la velocidad de la luz¹¹⁴³. Su objetivo era establecer cifras precisas para los períodos de los satélites de Júpiter (los eclipses de los satélites se iban a usar para establecer una hora estándar contra la que medir la longitud de diferentes lugares de la superficie de la tierra). Rømer concluyó, sobre la base de un conjunto muy reducido de observaciones, que cuando la tierra se encuentra a su distancia máxima de Júpiter parece que el momento de un eclipse se retarda en veintidós minutos en comparación a cuando se halla a su distancia mínima. Así, a la luz le toma veintidós minutos atravesar el diámetro de la órbita de la tierra, u once minutos atravesar el radio (es decir, viajar desde el sol a la Tierra). Las afirmaciones de que Rømer midió la velocidad de la luz dependen de que entonces introdujera una cifra para dicha distancia, lo que Rømer no hizo nunca (y no hay razón para pensar que hubiera considerado fiable cualquier cifra que hubiera usado^{cccc}). Las mediciones directas de la velocidad de la luz llegan mucho más tarde, en el siglo XIX. Las dos tablas siguientes resumen la historia de estos dos tipos de mediciones¹¹⁴⁴.

Tabla del tiempo que tarda la luz en recorrer la distancia del sol a la Tierra

¹¹⁴³ Cohen, «Roemer and the First Determination of the Velocity of Light (1676)» (1940); Van Helden, «Roemer's Speed of Light» (1983); Kristensen y Pedersen, «Roemer, Jupiter's Satellites and the Velocity of Light» (2012).

¹¹⁴⁴ Las cifras de la primera tabla son de Boyer, «Early Estimates of the Velocity of Light» (1941), y las de la segunda de Fowles, *Introduction to Modern Optics* (1989), 6 y

<i>Fecha</i>	<i>Investigador</i>	<i>Método</i>	<i>Resultado (km/s)</i>
1849	Fizeau	Rueda dentada giratoria	313 000
1850	Foucault	Espejo giratorio	298 000
1875	Cornu	Espejo giratorio	299 990
1880	Michelson	Espejo giratorio	299 910
1883	Newcomb	Espejo giratorio	299 860
1907	Rosa y Doresey	Constantes electromagnéticas	299 790
1926	Michelson	Espejo giratorio	299 796
1928	Mittelstaedt	Célula obturadora de Kerr	299 778
1932	Pease y Pearson	Espejo giratorio	299 774

1. Las cifras de Newton no se basan en mediciones independientes; son las mejores de que se disponía, a su juicio, en aquella época.
2. Cassini no aceptó nunca que la luz no se proyectara instantáneamente, pero, al igual que Rømer, dedujo una cifra para la corrección a emplear a la hora de calcular el tiempo de los eclipses de las lunas de Júpiter, y dicha cifra fue adoptada por otros como una cifra para la velocidad de la luz.
3. Esta cifra es un promedio, pues la órbita de la Tierra es una elipse.

Tabla de la velocidad de la luz

<i>Fecha</i>	<i>Investigador</i>	<i>Método</i>	<i>Resultado (km/s)</i>
1849	Fizeau	Rueda dentada giratoria	313 000
1850	Foucault	Espejo giratorio	298 000
1875	Cornu	Espejo giratorio	299 990
1880	Michelson	Espejo giratorio	299 910
1883	Newcomb	Espejo giratorio	299 860
1907	Rosa y Doresey	Constantes electromagnéticas	299 790
1926	Michelson	Espejo giratorio	299 796
1928	Mittelstaedt	Célula obturadora de Kerr	299 778
1932	Pease y Pearson	Espejo giratorio	299 774
1940	Huttel	Célula obturadora de Kerr	299 768
1941	Anderson	Célula obturadora de Kerr	299 776
1950	Essen y Gordon-Smith	Resonador de cavidad	299 792
1951	Bergstrand	Célula obturadora de Kerr	299 793
1958	Froome	Interferometría de radio	299 792
<i>Cifra moderna</i>			299 792 ¹

1. Ahora esto es cierto por definición, porque desde 1983 la longitud de un metro se ha establecido en relación a la velocidad de la luz y no al revés.

Hay dos conclusiones a las que se puede llegar a partir de estas tablas. La primera es que ya se disponía de una cifra totalmente fiable del tiempo que la luz tarda en viajar desde el sol a la Tierra diecisiete años después de la primera estima de Rømer de once minutos. Y la segunda es que las mediciones de la velocidad de la luz mejoraron de manera uniforme hasta 1928; entonces y durante unos veinte años, se estabilizaron alrededor de una cifra que ahora parece ligeramente inexacta; y después, en 1950, continuó el progreso y desde entonces las mediciones han permanecido más o menos idénticas^{cccli}.

Lo que hace que el argumento de Hacking sea «horrible» es que adopta una cifra por su cuenta, y dicha cifra es la primera de una larga sucesión de intentos de medir la velocidad de la luz. Desde luego, la cifra de Rømer para el tiempo que la luz tarda en desplazarse desde el sol a la tierra era una aproximación muy grosera. Pero la ciencia no es una empresa dirigida por individuos aislados; es, como se argumenta en el capítulo 8, una empresa colectiva en la que el progreso es conducido por la competencia (y la colaboración¹¹⁴⁵). De hecho, John Flamsteed, el astrónomo real, advirtió que había «emulación», e incluso encono, entre Cassini, la

¹¹⁴⁵ Hasok Chang evita el término «competencia», y prefiere «iteración epistémica»: Chang, *Inventing Temperature* (2004), 44-48, 212-217, 226-231.

autoridad establecida y Rømer, el advenedizo¹¹⁴⁶. Con el tiempo, la competencia asegura el progreso. Y, desde luego, la competencia es imperfecta, y durante una época los científicos pueden recorrer el camino equivocado; pero con el tiempo los buenos resultados expulsarán a los malos^{ccclii}. La afirmación de que una sociedad extraterrestre, si tuviera una tecnología lo suficientemente avanzada, obtendría casi exactamente la misma cifra que nosotros para la velocidad de la luz, es perfectamente razonable. La cuestión de la velocidad de la luz no es solo una cuestión arbitraria inventada para distraer a un físico teórico: se impondrá a quienquiera que haga astronomía destinada a predecir la localización futura aparente de los cuerpos planetarios en un grado de precisión elevado, con independencia de si su objetivo era la astrología, la cronometría (como en el caso de Rømer) o la navegación espacial^{cccliii}.

§ 4.

Un relativista respondería a este argumento diciendo que no hay razón para pensar que los científicos medían cada vez mejor la velocidad de la luz; simplemente, se ponían cada vez más *de acuerdo* en cómo medir la velocidad de la luz. Esto es evidentemente falso, porque una prueba de las mediciones de la velocidad de la luz es si, cuando se usan en conjunción con las leyes de Kepler del movimiento planetario, nos permiten predecir la posición aparente

¹¹⁴⁶ Willmoth, «Rømer, Flamsteed, Cassini and the Speed of Light» (2012), 49.

de los planetas en el cielo. La cifra de Rømer no pasa esta prueba, y las cifras modernas la pasan. Todavía, un ejemplo clásico de esta línea argumental es el ensayo de Simon Schaffer «Glass Works: Newton's Prisms and the Uses of Experiment» (1989). La afirmación de Schaffer es que Newton no había demostrado, como se afirma tradicionalmente, mediante experimento que la luz blanca está constituida por rayos de luz de diferentes colores que son refrangibles de manera diferente, porque sus experimentos no pudieron ser replicados con éxito excepto bajo condiciones arbitrarias e inaceptable (el empleo de prismas fabricados en Inglaterra, por ejemplo). El supuesto descubrimiento de Newton se impuso en la comunidad científica únicamente porque Newton adquirió «el control sobre las instituciones sociales de la autoridad experimental». Su autoridad se hizo «abrumadora». Creemos en la teoría del color de Newton no debido a la evidencia experimental, sino a pesar de ella; creemos en ella porque Newton se impuso con éxito a la comunidad científica, y después los experimentos se «manipularon» para producir los resultados requeridos¹¹⁴⁷. En la actualidad, los experimentos de Newton nos llegan «ya preparados», de modo que puedan reproducirse adecuadamente para educar a los niños en la escuela; pero esto es porque el equipo se ha diseñado para producir el resultado deseado.

Cabría pensar que Schaffer o sus lectores habrían rechazado estos argumentos por ser intrínsecamente implausibles. Cabría pensar

¹¹⁴⁷ Schaffer, «Glass Works» (1989), 100,

que se habrían preguntado acerca de las diversas y variadas tecnologías que dependen de las teorías de Newton de la refracción y de los colores: los telescopios reflectores que diseñó el mismo Newton, que evitan el problema de que los diferentes colores de la luz se refracten de manera diferente, causando una penumbra de colores alrededor de los objetos que se ven a través de una lente; o los televisores en color que ya hacía veinte años que se usaban de manera general cuando Schaffer publicó su artículo, que producen toda una gama de colores a partir del rojo, el verde y el azul. Por el contrario, las afirmaciones de Schaffer fueron aceptadas como confirmación de una teoría (bien establecida por aquel entonces) de cómo funciona la ciencia: que no funciona a partir de la evidencia, sino mediante el poder y la persuasión. Su ensayo fue admirado porque parecía demostrar que podía ponerse en práctica la teoría sólida: se podía escribir la historia de lo que ahora creemos que es ciencia buena (la nueva teoría de la luz de Newton) utilizando exactamente los mismos pasos intelectuales que se usarían para escribir acerca de lo que ahora pensamos que era ciencia mala (la alquimia, pongamos por caso). Lamentablemente, era la evidencia de Schaffer, no la de Newton, la que se había «manipulado» para producir los resultados requeridos. Paso a paso, detalle a detalle, el argumento de Schaffer fue refutado por Alan Shapiro en 1996: resultó que mucha gente había replicado con éxito el experimento de Newton sin ninguna dificultad particular, y sin ninguna necesidad de hacer chapuzas con los resultados. Pero desde el año 2000, el artículo de Schaffer ha sido citado siete veces por cada dos

veces que lo ha sido el artículo de Shapiro, y la brecha se agranda, no se reduce: durante los últimos cuatro años, Schaffer ha tenido diez citas por cada dos dedicadas a Shapiro. El mal conocimiento, al menos temporalmente, ha expulsado al bueno¹¹⁴⁸.

El ensayo de Schaffer no es un caso aislado. Hay un grupo importante de intelectuales, que trabajan dentro de la misma tradición que Schaffer, que afirma que los experimentos nunca pueden ser replicados de una manera directa. Siempre que los experimentos se repiten de manera genuina e independiente, afirmarían, se obtienen resultados divergentes; para aprender a obtener los resultados «correctos» se ha de estar adiestrado para hacer el experimento bajo condiciones muy peculiares y particulares, y al principio esto implica aprenderlo directamente de personas que lo han realizado con éxito en el pasado. Finalmente, un experimento puede ser producido en masa de manera fiable al fabricar equipo especial diseñado para obtener precisamente aquel resultado: el equipo y los resultados son interdependientes. Esto es lo que se llama «construir la caja negra». Una vez que un experimento tiene la caja negra construida, el experimento ya no es una prueba del resultado; más bien, obtener el resultado correcto se ha convertido en una prueba de la fiabilidad del equipo. De modo que toda la idea de la replicación, en la opinión de los que

¹¹⁴⁸ Shapiro, «The Gradual Acceptance of Newton's Theory of Light» (1996). Una valiosa alternativa al relato de Schaffer de la oposición a la primera publicación de Newton lo proporciona Bechler, «Newton's 1672 Optical Controversies» (1974); para Bechler la cuestión central no fue la replicación, sino la afirmación de Newton de la certeza.

argumentan de esta manera, es engañosa, y no hay nada transparente en el conocimiento experimental¹¹⁴⁹. Así, construir un consenso alrededor de lo que un experimento demuestra es primariamente un proceso social de persuadir a la gente para que actúe y piense de la manera en que queremos que lo haga, no un proceso imparcial de descubrir un aspecto objetivo del mundo real. Naturalmente, estas afirmaciones generan problemas si se intenta aplicarlas al experimento que tuvo más influencia que ningún otro en el comportamiento de los científicos, el experimento de Torricelli; o, de hecho, a los experimentos de Newton con los prismas, o a las mediciones de la velocidad de la luz.

Robert Boyle resumió la visión alternativa de la ciencia de la que propugnaban los defensores del holismo y la subdeterminación y por los negacionistas de la replicación independiente de los resultados experimentales:

La experiencia nos ha demostrado que opiniones diversas muy plausibles y arraigadas, como la de la inhabitabilidad de la zona tórrida, de la solidez de la parte celeste del mundo, de que la sangre es transportada desde el corazón por las venas (y no por las arterias) hasta las partes externas del cuerpo, proceden generalmente a solicitud, cuando aparecen aquellos nuevos descubrimientos con los que son inconsistentes, y tendrían que ser abandonadas por la generalidad de las personas juiciosas, aunque

¹¹⁴⁹ Whitley, «Black Boxism» (1970); Callon, «Boîtes noires» (1981); Pinch, «Opening Black Boxes» (1992); el uso paradigmático lo establece Pinch, *Confronting Nature* (1986).

nadie se haya preocupado de escribir refutaciones de las mismas; qué cierto es aquel dicho popular, que *Rectum est Index sui & Obliqui*. («La línea que demuestra ser recta muestra también que línea es torcida»¹¹⁵⁰).

En otras palabras, al igual que con el globo terráqueo y las fases de Venus, con mucha frecuencia una nueva teoría triunfa rápidamente y sin resistencia, porque la nueva evidencia simplemente elimina la viabilidad de todas las alternativas conocidas.

§ 5.

Si el relato relativista de la ciencia fuera correcto, todo cambio importante de paradigma tendría que venir acompañado de agrias disputas entre comunidades intelectuales en competencia; de hecho, la opinión de Kuhn es que esto es exactamente lo que ocurre. Para algunos cambios esto es así, pero otros tienen lugar de manera silenciosa, tal como dice Boyle, sin que nadie se preocupe de escribir refutaciones de la teoría antigua. Un ejército abandona el campo casi inmediatamente después de que se haya asestado el primer golpe; sus oponentes declaran victoria y rápidamente se les unen los desertores del otro bando. ¿Qué causa esta transformación repentina? Cuando Vadiano sostenía en 1507 que Aristóteles no lo sabía todo, que era un ser humano falible (la cuestión que se debatía de manera inmediata eran las fuentes del Danubio, pero

¹¹⁵⁰ Boyle, *Certain Physiological Essays* (1661), 27-28 = Boyle, *The Works* (1999), 2:26 (que yo sigo al adoptar «(no las arterias)» de la segunda edición).

desde luego también la teoría de las dos esferas estaba en juego), la afirmación nos parece tan obvia que resulta trivial; no habría sido tan evidente para los contemporáneos de Vadiano. ¿Por qué cometió errores Aristóteles? Debido a *experientiae penuria*, a insuficiente experiencia¹¹⁵¹. La victoria de la teoría del globo terráqueo después del descubrimiento de América es el primer gran triunfo de la experiencia sobre la deducción filosófica, y con ello el inicio de una revolución^{cccliv}.

Pero sería peligroso basarse en ejemplos como este para respaldar una visión excesivamente simplificada del papel de la experiencia. La experiencia, podríamos decir, se presenta en tres modalidades. A veces, como hemos visto, falsifica creencias y al hacerlo impone inmediatamente una alternativa; a veces confirma creencias que ya se tienen (la medición de la forma de la Tierra por expediciones francesas al Perú y Laponia, en 1735-1744, confirmó el newtonismo); y a veces representa solo un paso a lo largo de una senda que conduce a un resultado que no puede preverse. De este tercer tipo existen respuestas a preguntas científicas que podrían haber sido correctas pero que resultan ser erróneas, pero no obstante son un paso crucial hacia una respuesta buena; y respuestas correctas cuya importancia total solo resulta aparente lentamente, a la luz de más experiencias. Kuhn sostenía que el hecho de que el resultado de una crisis revolucionaria es

¹¹⁵¹ Mela, *De orbis situ libri tres. Adiecta sunt praeterea loca aliquot ex Vadiani commentariis* (1530), S2(rv).

impredecible mientras se está dando significa que no puede explicarse con el beneficio de identificarlo *a posteriori*. Por el contrario, a menudo hay solo un camino a través del debate que es capaz de producir un resultado estable. Dar con él puede ser como encontrar la salida de un laberinto.

Por ejemplo, en la Edad Media tardía los venecianos se hicieron ricos al importar especias de Asia; las especias se transportaban por tierra desde el mar Rojo a Alejandría, lo que significaba que los mercaderes venecianos, que las compraban para transportarlas a través del Mediterráneo, tenían que pagar un precio elevado por ellas. Los portugueses, que esperaban vender más barato que los venecianos, buscaron una ruta hasta las islas de las especias navegando alrededor de África, y al final lo consiguieron. Les siguieron los holandeses, que hicieron del comercio de especias el cimiento de un gran imperio comercial. Colón buscaba una ruta hacia el oeste, pero sus sucesores descubrieron que circunnavegar Sudamérica era arduo y llevaba mucho tiempo; en tanto que ruta comercial a Asia, su descubrimiento resultó ser un fracaso, pero este se vio más que compensado por el descubrimiento de oro y plata en Sudamérica. En la década de 1600 el explorador francés Samuel Champlain pensaba que podía encontrar una ruta navegable a través del Canadá: remontando el río San Lorenzo, a través de los Grandes Lagos y más allá¹¹⁵². Llevaba consigo en su canoa vestidos de corte chinos para el caso en que se encontrara

¹¹⁵² Brook, *Vermeer's Hat* (2008), 26-53.

con agentes chinos procedentes del este. Su ruta transcontinental también fue un fracaso. Hasta 1794 los barcos buscaron un Paso del Noroeste, pero no encontraron ninguno¹¹⁵³.

Tenemos aquí una serie de intentos de dar respuesta a la misma pregunta, ante un fondo de conocimiento geográfico cambiante: efectivamente, el intento de encontrar una mejor ruta a Asia fue el principal acicate para mejorar dicho conocimiento. Resultó que entre el final del siglo XV y el final del siglo XIX los esfuerzos para encontrar una nueva ruta fracasaron una y otra vez. Era imposible conocer con antelación que este sería el resultado; pero podemos estar seguros, mientras que ellos no podían, que Colón no alcanzaría la China, que Champlain nunca se encontraría con un emisario de la corte china y que (hasta el advenimiento del calentamiento global) la búsqueda de un Paso del Noroeste viable desde el punto de vista comercial estaba destinado al fracaso. En 1800 todas las alternativas posibles se habían eliminado, y la cuestión de la mejor ruta hacia Asia se había zanjado finalmente (al menos hasta la abertura del canal de Suez en 1869).

Estos ejemplos de dependencia del camino son la regla y no la excepción. Una vez Copérnico hubo sugerido que la tierra no era el centro del universo sino un planeta que orbitaba alrededor del sol, la gente se podía preguntar qué tipo de planeta podría ser. En el universo aristotélico, la tierra había sido el receptor de la luz pero no había emitido luz. Era fácil imaginar que se miraba la tierra

¹¹⁵³ Williams, *Voyages of Delusion* (2002); Fleming, *Barrow's Boys* (1998).

desde lejos, pero lo que se podría ver era una tierra en miniatura. De forma sorprendente, hubo una extensa discusión entre los filósofos aristotélicos sobre qué aspecto tendría la tierra vista desde el cielo, pero nadie la imaginó como una de las estrellas más brillantes en el cielo nocturno. Nicolás de Cusa había transformado la tierra en una estrella verdadera, pero solo al precio de convertir el sol en una tierra... no había casi nadie que pudiera seguirlo¹¹⁵⁴. Para Digges y Benedetti, aunque eran copernicanos, desde una gran distancia la Tierra, que recibía luz pero no la transmitía, se convertiría en una estrella oscura. Leonardo, Bruno y Galileo se dieron cuenta de que la Tierra tendría el aspecto de una luna enorme vista desde la luna, y reconocieron que cuando la luna era nueva se podía ver que era iluminada por la Tierra; Harriot, después de leer a Galileo, llamó a esto «brillo de Tierra»^{ccclv}, que es el término que usamos en la actualidad¹¹⁵⁵. Galileo ideó algunos experimentos elementales para demostrar que la Tierra reflejaría la luz, y que los continentes reflejarían más luz que el mar (que es la razón por la que la luna brilla de manera tan radiante por la luz reflejada). Al dirigir su nuevo telescopio hacia Venus en 1610 descubrió que tenía fases, prueba de que también brillaba por luz reflejada. Además, tenía un conjunto completo de fases, prueba de que orbitaba alrededor del sol, como en los sistemas de Copérnico y Tycho

¹¹⁵⁴ Alejandro Achillini afirma que *si* la tierra fuera luminosa, entonces desde una distancia la tierra brillaría como la luna, o incluso como uno de los planetas: Achillini, *De Elementis* (1505), 85r. Pero inmediatamente antes mantiene que la tierra *no* es luminosa.

¹¹⁵⁵ Wootton, *Galileo* (2010), 64.

Brahe¹¹⁵⁶. En este punto resultó aparente que, vista desde Venus, la Tierra sería una de las estrellas más brillantes en el cielo.

Así, el copernicanismo planteaba una cuestión directa: ¿qué tipo de planeta es la tierra? Se obtuvo una gama completa de respuestas a esta pregunta. Solo una respuesta, que todos los planetas brillan por la luz reflejada, demostró ser sólida y estable. A esta respuesta le tomó setenta años establecerse, pero una vez se hubo inventado el telescopio y este se hubo transformado en un instrumento científico era la única respuesta con alguna probabilidad de sobrevivir. La respuesta era totalmente impredecible en 1543, pero enteramente inevitable después de 1611.

Una vez que una pregunta científica se halla en el orden del día de una comunidad de científicos (una vez que se torna «viva») entonces, a lo largo de un período de tiempo, podemos esperar que se explore toda una gama de respuestas posibles; de hecho, a veces pueden proponerse todas las respuestas posibles para su consideración¹¹⁵⁷. En este período temprano puede ser imposible conseguir un acuerdo sobre cuál es la respuesta correcta. Pero con el tiempo aparecerá un consenso estable de que una respuesta es la buena y todas las demás son equivocadas. Este consenso no depende solo de un proceso retórico o político de conseguir un acuerdo; también depende de la capacidad a lo largo del tiempo de que los defensores de una teoría concreta rebatan las críticas y provoquen líneas de

¹¹⁵⁶ Palmieri, «Galileo and the Discovery of the Phases of Venus» (2001).

¹¹⁵⁷ Jardine, *The Scenes of Inquiry* (2000).

indagación fructíferas¹¹⁵⁸. Una respuesta «sólida» o «estable» llega a ser considerada de manera simple como la respuesta correcta. Esto no significa que su corrección fuera siempre aparente, aunque los historiadores y los científicos negligentes suelen implicar tal cosa; lo que significa es que su corrección resulta incontestable, al menos durante un período de tiempo.

El descubrimiento de los antípodas condujo directamente al concepto del globo terráqueo; pero el copernicanismo no condujo directamente a la idea de que todos los planetas brillan por luz reflejada: fue necesario que interviniera el telescopio. Entre el reconocimiento de que el tubo torricelliano es una válvula de presión y la invención del motor de vapor atmosférico no hubo intervención de un factor externo. La ley de Boyle fue un desarrollo natural del experimento de Pascal en el Puy de Dôme, y el motor de vapor atmosférico fue un desarrollo natural de la ley de Boyle (aunque el problema técnico de construir un motor que funcionara fue considerable). Torricelli no imaginó ni por un momento el motor de vapor, de la misma manera que Colón no imaginó América; el camino que condujo del barómetro al motor de vapor no fue tan recto ni tan corto como el camino que llevaba de Palos de la Frontera a las Bahamas; pero el camino estaba ahí, a la espera de que lo encontraran.

La búsqueda del Paso del Noroeste, o el intento de explicar el movimiento planetario sobre el modelo del magnetismo, fueron

¹¹⁵⁸ Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes* (1978).

equivocados pero útiles. Hay otros muchos ejemplos de empresas científicas que han estado condenadas desde el principio, pero cuyos practicantes han rehusado simplemente aprender de la experiencia: los intentos de transformar metales comunes en oro o de curar enfermedades infecciosas mediante sangrías duraron más de dos milenios, pero no se pudo hacer que ninguno de ellos funcionara, y de hecho ninguno produjo conocimiento nuevo y valioso, como hicieron tanto la búsqueda del Paso del Noroeste como la nueva astronomía de Kepler. Y este es el problema fundamental de un enfoque relativista: o bien no puede hacerse que *cualquier cosa* funcione, en cuyo caso todavía ha de encontrarse la piedra filosofal, o algunas cosas no funcionan nunca, en cuyo caso hay una realidad externa que limita las creencias que son viables y las que no lo son. Desde luego, «hacer que funcione» es un concepto escurridizo: muchos alquimistas pensaron que habían visto que un metal común se transformaba en oro, y muchos médicos pensaron que habían curado a los pacientes a los que habían sangrado. La gente se engaña de todo tipo de maneras. La idea de que América era realmente Asia murió en una generación, mientras que el proyecto de los alquimistas resistió mucho más.

§ 6.

Los realistas ingenuos, los que piensan que la ciencia siempre establece verdades incontrovertibles acerca del mundo (una opinión difícil de mantener, dada la evidencia de que las teorías científicas cambian radicalmente a medida que la evidencia sobre la que se

basan es revisada¹¹⁵⁹), suponen que la indagación científica siempre hará preguntas parecidas y obtendrá respuestas idénticas; los relativistas suponen que tanto las preguntas como las respuestas son infinitamente variables. Es cierto que las preguntas pueden ser variables, pero a veces las respuestas no lo son. No tenemos que navegar hacia el oeste, pero si lo hacemos terminaremos en América. Y una vez hayamos encontrado América, si intentáramos llegar a Asia, entonces dará comienzo la búsqueda de maneras de rodearla. Una pregunta conduce a otra; la indagación científica depende del camino¹¹⁶⁰.

Hay una concepción de sentido común que lleva esta idea hasta un extremo. Sostiene que una vez que nos disponemos a dar respuesta a una pregunta, la respuesta a la que lleguemos está totalmente predeterminada... exactamente como el descubrimiento de América por Colón. De la misma manera que dos carpinteros se pondrán de acuerdo sobre la longitud de una mesa, aunque uno pueda medirla en pulgadas y el otro en centímetros, así un marciano y un terrestre se pondrán de acuerdo sobre la velocidad de la luz, aunque seguramente tendrán diferentes unidades de medida.

¹¹⁵⁹ Para defensas del realismo razonablemente sofisticadas, véase Leplin (ed.), *Scientific Realism* (1984).

¹¹⁶⁰ Para una crítica influyente de la dependencia de la ruta, Pinch y Bijker, «The Social Construction of Facts and Artefacts» (1987); para una insistencia en su importancia, Pickering, *The Mangle of Practice* (1995), 185, 209. Aquí es necesario distinguir entre la ruta real que sigue alguien al salir de un laberinto —que es probable que sea muy errática y contingente— y la ruta que le permite a uno salir, que está predeterminada. Sobre preguntas y respuestas, Collingwood, *An Autobiography* (1939). Aquí mi argumento es muy distinto del de Hacking, «The Self-Vindication of the Laboratory Sciences» (1992); es evidente que en el caso de algunas ciencias de laboratorio hay una interacción entre el equipo utilizado y los resultados obtenidos, de modo que ambos se apoyan mutuamente. Pero no me parece que este sea el caso con los ejemplos que comento seguidamente.

Así, según la concepción de sentido común la ciencia de los seres extraterrestres, si es que existen y si son inteligentes, tiene que concordar con nuestra ciencia allí donde ambas se superpongan. Steven Weinberg, un físico que obtuvo el premio Nobel, expresó esta opinión cuando escribió: «cuando hagamos contacto con seres de otro planeta encontraremos que han descubierto las mismas leyes de la ciencia física que nosotros»¹¹⁶¹. La ciencia es así un idioma intercultural que cualquier cultura puede, en principio, aprender a hablar, y que cualquier cultura tecnológicamente refinada ya habrá aprendido a hablar. Esta era la asunción en la que se basaba un mensaje que emitió al espacio el radiotelescopio de Arecibo en 1974. El mensaje consistía en los números del uno al diez, los números atómicos del hidrógeno, el carbono, el nitrógeno, el oxígeno y el fósforo, las fórmulas de los azúcares y bases de los nucleótidos del ADN, el número de nucleótidos en el ADN, la estructura en doble hélice del ADN, una figura de un ser humano y su altura, la población de la Tierra, un esquema de nuestro Sistema Solar y una imagen del telescopio de Arecibo con su diámetro. La asunción era que cualquier inteligencia extraterrestre capaz de recibir el mensaje reconocería las matemáticas y la ciencia y rápidamente daría sentido a la información específica de la Tierra. El gran matemático Christiaan Huygens descubrió la ley del péndulo en 1673; creía que había planetas habitados dispersos por el universo; y para cuando

¹¹⁶¹ Weinberg, «Sokal's Hoax» (1996); para un comentario hostil, véase el propio Weinberg, Labinger and Collins (eds.), *The One Culture?* (2001), 238, Brown, *Who Rules in Science?* (2001), 19, Rorty, «Thomas Kuhn, Rocks and the Laws of Physics» (1999), 182-187.

murió en 1695 se había persuadido que esta ley era conocida en todo el universo¹¹⁶².

La visión opuesta es que la ciencia está modelada por toda una serie de factores culturales y sociales que aseguran que no haya dos sociedades que produzcan el mismo conocimiento, de la misma manera que no hay dos sociedades que produzcan las mismas creencias religiosas. El conocimiento científico, en realidad, no es una verdad inalterable, aunque lo parezca. En consecuencia, dos comunidades científicas diferentes producirán siempre dos cuerpos de hechos y teorías radicalmente diferentes, y la ciencia no es una forma intercultural de conocimiento, sino un consenso local, específico de una comunidad particular. Se podría pensar que la ley de Boyle es un poco como el Nuevo Mundo: estaba allí a la espera de ser descubierta. Pero los deterministas culturales no lo aceptan. Piensan que es algo así como un plato característico de un chef (el melocotón melba de Escoffier, por ejemplo), el producto de una tecnología y cultura locales muy específicas (el hotel Savoy en 1892)¹¹⁶³. De la misma manera que determinados platos (el melocotón melba, el cóctel de gambas) han conseguido extenderse por diversos continentes y sobrevivir a lo largo del tiempo, así

¹¹⁶² Ait-Touati, *Fictions of the Cosmos* (2011), 105.

¹¹⁶³ Hacking, «How Inevitable are the Results of Successful Science?» (2000); véase también Jardine, *The Scenes of Inquiry* (2000); Stanford, *Exceeding Our Grasp* (2010). Las matemáticas proporcionan un interesante caso de estudio. Contra la dependencia de la ruta, Heffer, «On the Curious Historical Coincidence of Algebra and Double-entry Bookkeeping» (2011); pero parece que Pascal reinventó la geometría euclídea desde cero, y Srinivasa Ramanujan reinventó gran parte de las matemáticas modernas, aunque también produjo numerosos resultados que eran distintivos y no tenían parangón.

algunas doctrinas científicas se diseminan con éxito, mientras que otras permanecen firmemente fijadas a su época y a su lugar de origen.

Este libro intenta reconocer que los defensores de ambas posiciones tienen algunos argumentos buenos y algunos argumentos malos. Sus críticas se dirigen no solo a los relativistas (a los que se dedica más espacio simplemente porque sus opiniones son más prevalentes en la historia de la ciencia); también se dirigen a los realistas que no consiguen tomarse en serio la evidencia sobre la que se basa el relativismo, la evidencia de diferencias culturales en función del tiempo y del espacio: la evidencia de la historia y de la antropología. Una estratagema convencional de los que se oponen al relativismo es aducir que todos compartimos algunas capacidades de sentido común para razonar, y así todos podemos reconocer un mejor conocimiento cuando lo vemos¹¹⁶⁴. Adoptan el punto de vista de que la ciencia es, en esencia, sentido común aplicado sistemáticamente, o, tal como dijo Karl Popper, «*conocimiento de sentido común a gran escala*, por así decirlo»^{cccclvi}. En mi opinión, explicar la ciencia en términos de sentido común es simplemente dar vueltas en círculo. Evidentemente, *hay* determinadas experiencias y modos de razonamiento fundamentales que son universales y que pueden considerarse válidas en todas y cada una de las culturas humanas. Si no lo fueran, a menudo la

¹¹⁶⁴ Sokal, *Beyond the Hoax* (2008), 234-235, pero adviértase que la formulación de Sokal y Bricmont es cautelosa y ambigua.

comunicación intercultural sería imposible¹¹⁶⁵. Por ejemplo, hay alguna experiencia de cazar animales salvajes en todas las culturas humanas. Hemos visto que los juristas romanos consideraban que los *vestigia*, que originalmente significaba las huellas dejadas por un animal, eran una forma de evidencia. La palabra «investigar» tiene su raíz que significa seguir las huellas de un animal cuando se caza. Nuestra palabra «pista», en su significado, nuevo en el siglo XIX, de algo que los detectives están en alerta para encontrar, es una metáfora que deriva del hilo de Ariadna que permitió a Teseo escapar del laberinto del Minotauro, una indicación de que no hay nada nuevo en seguir la evidencia y ver adónde nos conducirá: el detective también está siguiendo un rastro, de la misma manera que Teseo volvió sobre sus pasos. Todos los seres humanos son capaces del tipo de actividad intelectual que seguir un rastro requiere, y cuando investigamos un problema nos dedicamos, como afirman los realistas, a una versión refinada de la misma actividad¹¹⁶⁶.

Pero (y este es un gran «pero»), aunque existen determinadas uniformidades interculturales comunes a todas las sociedades humanas, esto no nos ayuda mucho la mayor parte de las veces. En primer lugar, aunque puede haber muy pocas experiencias y modos de pensar realmente universales, cada cultura naturaliza las experiencias y maneras de pensar que sus miembros tienen en

¹¹⁶⁵ O'Grady, «Wittgenstein and Relativism» (2004), 328-329.

¹¹⁶⁶ Ginzburg, *Myths, Emblems, Clues* (1990), 96-125, es fundamental para pensar sobre estas cuestiones. Es muy posible que Wittgenstein pudiera haber reconocido la fuerza de este argumento: O'Grady, «Wittgenstein and Relativism» (2004).

común como su propia versión local del sentido común: común para nosotros, sino para aquella otra gente de allá. Así, G. E. Moore pensaba que era de sentido común creer en una realidad externa, pero no en un Dios creador ni en la vida después de la muerte, mientras que estas creencias habían parecido de sentido común a mucha gente¹¹⁶⁷. En la práctica, la gama de creencias que *pueden* llegar a ser compartidas de manera general y resultar efectivamente incuestionables en el seno de una sociedad es enorme. Generalmente, las discusiones sobre el sentido común acostumbran a no distinguir adecuadamente entre las definiciones universales y locales del concepto.

Tomemos un solo ejemplo: a lo largo de la Edad Media y el Renacimiento, los filósofos escolásticos siguieron a Aristóteles en pensar que la tierra es naturalmente pesada, y tiende a descender, mientras que el fuego es naturalmente ligero (tiene un peso negativo, podría decirse) y tiende a ascender. El aire y el agua eran pesados o ligeros en función de las circunstancias: en función de si se hallaban por encima o por debajo de su localización correcta. Los aristotélicos mantenían asimismo que los sólidos son más densos y más pesados que los líquidos. Así el hielo es más pesado (porque es «más denso») que el agua. Así pues, ¿por qué flota? Flota porque el hielo en un estanque es plano, y el agua se resiste a su hundimiento. La madera, afirmaban, era más pesada que el agua,

¹¹⁶⁷ Moore, *A Defence of Common Sense* (1925). Para la aproximación de un historiador, Rosenfeld, *Common Sense: A Political History* (2011).

puesto que el elemento del que estaba hecha primariamente era tierra. Se puede hacer una barca de madera, decían, pero solo si tiene un fondo plano (o al menos aplanado¹¹⁶⁸).

Las obras de Arquímedes eran muy conocidas en la Edad Media, pero los filósofos simplemente no aceptaban que esta explicación de la flotabilidad fuera correcta: Arquímedes argumentaba como si todas las sustancias tuvieran peso y tendieran a descender, y en lo que a los filósofos se refería, esto representaba una idea equivocada fundamental. Cuando descartaron a Arquímedes por irrelevante, pensaron que el sentido común estaba de su parte; y su propia experiencia del mundo correspondía exactamente a su afirmación. No eran conscientes de ninguna anomalía importante allí donde sus teorías no correspondían a la realidad. Navegaban en barcos, andaban sobre puentes de pontones y caminaban sobre charcas heladas sin experimentar nunca nada que pareciera obligarles a repensar sus teorías. No obstante, como señaló Galileo, habría sido fácil poner a prueba su afirmación de que el hielo flota porque es plano rompiéndolo en pequeños fragmentos y viendo si estos seguían flotando^{ccclvii}. Y, en cualquier caso, ¿por qué una lámina plana de hielo vuelve a subir a la superficie si la empujamos bajo el agua?

Una lectura de los filósofos que replicaron a Galileo establecerá rápidamente que pensaban que tenían de su parte la razón, el sentido común y la autoridad de Aristóteles, aunque estaban lejos

¹¹⁶⁸ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 4, 154, 217.

de compartir una posición consistente. Uno aducía que el hielo de Galileo volvía flotando hasta la superficie porque, aunque el hielo puro sería más pesado que el agua (lo que no le impediría flotar, pero le impediría volver a la superficie una vez sumergido), el suyo había atrapado aire en su interior, lo que explicaba por qué no permanecía sumergido¹¹⁶⁹. Otros indicaban que la teoría de Galileo presentaba sus propios problemas. Galileo recurría a la experiencia sensorial, pero la experiencia sensorial establecía, o así lo afirmaban, que las barcas flotan a mayor altura sobre el agua cuando están lejos de la costa, y a menor altura cuando se acercan a puerto. Ni Arquímedes ni Galileo podían explicar este hecho básico, pero un aristotélico, como les gustaba informar, podía hacerlo. (Una masa de agua mayor presiona más firmemente contra el fondo de la barca, con lo que se resuelve el enigma).¹¹⁷⁰ Mientras tanto no se ponían de acuerdo sobre las cuestiones más fundamentales: uno pensaba que la madera era más pesada que el agua, otro que era más ligera; uno sostenía que el agua no tenía peso en su lugar adecuado, otro lo negaba; uno reconocía que el agua se expande cuando se hiela, otro lo negaba. Sin embargo, sobre una cosa coincidían: Aristóteles siempre tenía razón.

Hay una diferencia fundamental entre Galileo y sus adversarios: ambos apelaban a la experiencia, pero Galileo había iniciado un programa de experimentación. El de Galileo era un conocimiento

¹¹⁶⁹ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 4, 218-219.

¹¹⁷⁰ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 4, 364-365, 391.

aplicado, y el de ellos no. En último término, la diferencia entre él y ellos reside en el hecho de que ellos estaban dispuestos a hacer afirmaciones que estaban seguros de que eran verdad pero que nunca habían puesto a prueba (la madera es más pesada que el agua; las barcas flotan a mayor altura en el agua a medida que se apartan de la costa), mientras que Galileo había comprobado todas y cada una de sus afirmaciones. Su incapacidad de realizar pruebas se reflejaba en que no se ponían de acuerdo en los puntos más básicos. En su mayor parte, no discutían la verdad de lo que Galileo afirmaba como hechos; pero esperaban que él aceptara sus afirmaciones factuales, lo que desde luego Galileo no estaba preparado para hacer. Así, informaron, sobre la autoridad de Séneca, que en Siria había un lago cuyas aguas eran tan densas que sobre ella podían flotar ladrillos; cuando le invitaron a que lo explicara, Galileo lo rechazó como nada más que un cuento fantástico, de modo que no era necesaria ninguna explicación; ante lo cual se indignaron, e insistieron en que debía creerse «a los autores dignos de fe, como Séneca, Aristóteles, Plinio, Solino, etcétera»¹¹⁷¹. En otras palabras: la diferencia básica entre Galileo y sus adversarios era que ellos eran filósofos, mientras que él era un matemático en el proceso de convertirse en un científico (en lugar de ser, como afirmaba un adversario, un matemático que afirmaba falsamente que era un filósofo competente¹¹⁷²).

¹¹⁷¹ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 4, 393.

¹¹⁷² Galilei, *Le opere* (1890), vol. 4, 385

Parece inútil sostener que Aristóteles y sus seguidores eran deficientes en sentido común, o deficientes en la experiencia de cómo funciona el mundo. Tenían mucho de ambas cosas, según los estándares de su propio tiempo. Lo que les faltaba era el juego adecuado de herramientas intelectuales: en este caso, un procedimiento para diseñar pruebas que confirmaran (o más bien que falsaran) las afirmaciones teóricas. Carecían de este procedimiento por la razón fundamental de que lo juzgaban innecesario: ¿qué podía ir mal si argumentábamos a partir de premisas incontestadas hasta las conclusiones que de ellas se seguían necesariamente? ¿Qué podía ir mal si nos basábamos en la experiencia común que todos compartimos? De modo que llegamos a un dilema. O bien el sentido común es amorfo y maleable, hasta el extremo que todas las creencias que se comparten en una comunidad son compatibles con el sentido común. O bien, si afirmamos que muchas sociedades son deficitarias en sentido común porque tienen creencias que pueden refutarse fácilmente, entonces parece que hay comunidades en las que, la mayor parte del tiempo, nadie muestra ningún sentido común en absoluto. La idea de «sentido común» resulta ser demasiado o demasiado poco. O bien todas las sociedades tienen suficiente sentido común para salir adelante, en cuyo caso el concepto apenas nos ayuda a comprender qué es lo que supone el conocimiento fiable; o bien solo los argumentos que concuerdan con los nuestros exhiben sentido común, en cuyo caso a través de la historia y a través de las culturas ha habido siempre muy poco sentido común.

Cuando Susan Haack escribe, «Nuestras normas de lo que constituye una indagación buena, honesta y cabal y de lo que constituye una evidencia buena, fuerte y solidaria no son internas de la ciencia. Al juzgar dónde la ciencia ha triunfado y dónde ha fracasado, en qué áreas y en qué épocas lo ha hecho mejor y en cuáles peor, estamos apelando a las normas según las cuales juzgamos la solidez de las creencias empíricas, o el rigor y la minuciosidad de la indagación empírica, generalmente», confunde, propongo, dos cuestiones distintas¹¹⁷³. Sí, en nuestra sociedad determinadas normas de indagación (incluyendo un énfasis en la adquisición de información empírica) no son peculiares de la ciencia, sino que son ampliamente compartidas, ello se debe únicamente a que la Revolución Científica, y los amplios cambios culturales que la hicieron posible, han modelado toda nuestra cultura. Sin embargo, sería simplemente erróneo pensar que nosotros y Aristóteles compartimos las mismas ideas acerca de lo que constituye una creencia justificada y cierta, y acerca de cómo adquirir tales creencias. Así, el problema es: ¿quién es «nosotros», aquí? ¿Es, para emplear los ejemplos de Haack, nosotros los historiadores (contemporáneos) y nosotros los detectives (contemporáneos)? ¿O es nosotros como seres humanos que compartimos una determinada capacidad para el sentido común con todos los demás seres humanos? La primera interpretación es

¹¹⁷³ Haack, *Manifiesto of a Passionate Moderate* (1998), 94; pero véase 105, donde se reconoce este círculo.

cierta en gran parte, pero no muy importante; la segunda sería importante, pero no es cierta.

Además, las nociones de cómo juzgar la evidencia empírica varían de una empresa a otra. Boyle y Newton creían en la transmutación de metales comunes en oro; pero eran jueces excelentes cuando trataban con otras cuestiones empíricas. En el siglo XVI Jean Bodin escribió un libro titulado *Methodus ad facilem historiarum cognitionem* («Método para la fácil comprensión de la historia», 1566), que se suele considerar como un texto fundacional del razonamiento histórico moderno; también escribió un libro, *La Démonomanie des Sorciers* («La demonomanía de los brujos», 1580), en el que afirma que hay brujos en todas partes y que los seres humanos se metamorfosean regularmente en lobos. Ambos conjuntos de opiniones le parecían a Bodin igualmente de sentido común. Un siglo después, Thomas Browne hizo campaña contra la epidemia de las creencias falsas (que los elefantes no tienen rodillas, por ejemplo); pero siguió creyendo que la mujer de Lot había sido convertida en una columna de sal, y (en su capacidad profesional como médico) apareció en un juicio por brujería para certificar que había fuerzas sobrenaturales que actuaban, lo que garantizó la condena del acusado¹¹⁷⁴. Browne era un tipo muy sensible, al menos según los patrones de la época, y no iremos muy lejos si intentamos argumentar que sus opiniones sobre la brujería demuestran que era incompetente para emitir dictámenes acerca de

¹¹⁷⁴ Geis y Bunn, *A Trial of Witches* (1997).

creencias empíricas. Si tenía ideas acerca de lo que constituye evidencia que eran diferentes de las nuestras, entonces esto demuestra simplemente que el «sentido común» varía de una cultura a otra.

§ 7.

Para observar cómo nace nuestra concepción moderna del sentido común (aplicado a la ciencia y a otros tipos de indagación empírica) hemos de dirigirnos de nuevo al ejemplo de la revisión por parte de Galileo del principio de Arquímedes. Galileo era exactamente la misma persona cuando obtuvo los resultados correctos que cuando, solo unos pocos días antes, obtenía todavía resultados erróneos. ¿Qué había cambiado? La respuesta es clara: había iniciado un programa experimental de comprobar y refinar sus teorías. Había empezado con una anomalía, la astilla de ébano que flotaba, y descubrió otra, la aguja que flotaba; en consecuencia, había hecho lo mejor que pudo para dar sentido a la tensión superficial. También estaba dispuesto a ilustrar el principio de Arquímedes en acción, y como consecuencia había descubierto otra anomalía, que un peso de agua podía elevar un peso superior al propio. Audazmente, había vuelto sobre sus pasos, había reanalizado el principio de Arquímedes y lo había revisado. Después, puso a prueba su nueva teoría con un experimento muy diferente. Este movimiento de acá para allá entre teoría y evidencia, hipótesis y experimento, ha llegado a ser tan familiar que nos es difícil comprender que Galileo estaba haciendo algo fundamentalmente nuevo. Allí donde sus

predecesores habían estado haciendo matemáticas o filosofía, Galileo hacía lo que llamamos ciencia. La diferencia entre Galileo al principio de este proceso y Galileo al final del mismo es que finalmente se usaba la evidencia para imponer limitaciones mucho más estrictas sobre el argumento que al principio; evidencia y argumento interactuaban de una nueva manera. Al argumentar una interacción de este tipo Galileo podía efectivamente recurrir a lo que tanto él como nosotros consideraríamos principios universales de sentido común, aunque tanto su práctica experimental como sus conclusiones eran nuevas; pero estos recursos siempre son problemáticos cuando se enfrentan a convicciones tan arraigadas que se ha llegado a suponer que son verdades indiscutibles. Todos los bandos de una discusión siempre afirman que el sentido común está de su parte^{ccclviii}. Parece que Galileo no tuvo en absoluto ningún éxito en sus esfuerzos para convencer a los filósofos de que entendía mejor que ellos por qué los cuerpos flotaban.

Toda la Revolución Científica se sintetiza en el pequeño tratado de Galileo sobre los cuerpos que flotan. El tema lo habían discutido filósofos y matemáticos brillantes durante 2000 años. Las opiniones de filósofos y matemáticos, aunque eran clara y mutuamente contrapuestas, correspondían satisfactoriamente a la experiencia cotidiana, o al menos así lo creían. Ninguna de estas teorías estaba en crisis. Antes de Galileo, ningún matemático competente había dudado de que Arquímedes proporcionara una explicación completa de lo que ocurre cuando los cuerpos flotan, y ningún filósofo aristotélico competente había puesto en entredicho la opinión de

que la forma es crucial a la hora de determinar qué cuerpos flotan. Y sin embargo Galileo se dio cuenta, no solo de que el hielo era más ligero que el agua, sino también (tuvo que haber sido una conmoción extraordinaria) que los cuerpos a veces flotan sin desplazar su propio peso en agua. Todos habían estado equivocados.

No podemos explicar la cadencia de esta revolución intelectual apelando simplemente a algún acontecimiento local y contingente, a una polémica entre Galileo y algunos filósofos aristotélicos (aunque una tal polémica tuvo realmente lugar). Tampoco Galileo, cuando inventó la prensa hidráulica, estaba trabajando en algún problema práctico nuevo que solo un ingeniero competente podía abordar. Se planteaba sencillamente una pregunta muy antigua: ¿por qué algunos cuerpos flotan y otros se hunden? Si obtuvo respuestas nuevas fue porque empleó métodos nuevos y estaba produciendo un nuevo juego intelectual de herramientas. Pascal se dispuso a clarificar y sistematizar el nuevo conocimiento de Galileo. Su situación era un poco diferente: estudiaba la presión en los fluidos con el fin de comprender de qué manera el peso del aire sostiene una columna de mercurio en un barómetro. (En realidad, estaba inventando el concepto de presión: Galileo había pensado en términos de pesos, no de presiones).¹¹⁷⁵ La nueva hidráulica de Pascal es una extensión de sus experimentos con el vacío, pero el trabajo de Galileo en cuerpos flotantes no es específico del camino

¹¹⁷⁵ Chalmers, «Qualitative Novelty in Seventeenth-century Science» (2015)

de esta manera. No surge de un problema nuevo, sino de un nuevo tipo de práctica y de una nueva manera de pensar.

Aristóteles podría haber tenido dificultades en seguir el argumento de Galileo de que el tamaño del recipiente importa cuando se intenta comprender los cuerpos que flotan, pero Arquímedes no. Así, ¿qué separa a Galileo de Arquímedes? ¿En qué sentido esto es una nueva manera de pensar si Arquímedes no hubiera tenido dificultad en comprenderla? En primer lugar, Galileo vivía en una cultura donde incluso las creencias más autoritativas podían ponerse en cuestión; esto era la herencia de Colón. Vivía en una época de descubrimiento. En segundo lugar, Galileo construía una nueva ciencia en la que todo, al menos en principio, estaba sujeto a medición, incluso el aumento en el nivel de un estanque cuando un pato entra en el agua, o de un océano cuando se bota un barco. Este principio de medición cada vez más exacta procede de Tycho Brahe; al ajustar la relación entre la evidencia y la teoría en física, Galileo extrapolaba a partir de las prácticas de los astrónomos^{ccclix}. En tercer lugar, Galileo tenía el ejemplo de Gilbert, quien había empleado la manipulación minuciosa de aparatos experimentales para establecer verdades nuevas e insospechadas. Colón, Brahe y Gilbert no proporcionaron argumentos que Galileo usó; proporcionaron modelos a seguir que Galileo fue lo bastante atrevido para seguir. No contribuyeron directamente a su nueva hidráulica, pero la nueva hidráulica fue posible por la cultura intelectual que ellos habían contribuido a modelar; específicamente, la cultura intelectual de Galileo, porque la mayoría de sus

contemporáneos seguían contentándose con deferir a Aristóteles y no estaban interesados en poner en entredicho las creencias ortodoxas. Tal como hemos visto, no es hasta Pascal cuando esta cultura peculiar e idiosincrásica empezó a ser adoptada ampliamente y respetada de manera general.

Arquímedes estaba convencido de que el mundo real es legible matemáticamente, aunque océanos y barcos no tienen la forma de círculos, triángulos y cuadrados; estaba seguro de que la geometría de Euclides es más potente que los silogismos de Aristóteles. No hay manera de demostrar que en cualquier mundo posible los matemáticos estarán mejor equipados para comprender el mundo que los filósofos: es algo que solo puede establecerse mediante el éxito de la práctica matemática, y esto requiere una cultura en la que se permita que los matemáticos pongan en tela de juicio las afirmaciones de los filósofos y se les recompense por sus éxitos¹¹⁷⁶. Pero Galileo no era simplemente un segundo Arquímedes; también era un científico experimental. Nada garantiza que los matemáticos estén interesados en dar este paso adicional. En el Oxford del siglo XIV, los filósofos inclinados hacia las matemáticas habían emitido la hipótesis de que los cuerpos que caen se aceleran continuamente; pero no habían hecho ningún esfuerzo para confirmar esta posibilidad teórica mediante experimentos. Esto se dejó para Galileo. De hecho, los filósofos de Oxford habían emitido la hipótesis de que, en principio, color y temperatura podrían cuantificarse y

¹¹⁷⁶ Biagioli, «The Social Status of Italian Mathematicians, 1450-1600» (1989).

podrían cambiar con rapidez creciente o decreciente; no tenían manera de medir el color o la temperatura, al igual que, a todos los fines prácticos, no tenían manera de medir la velocidad de cuerpos que caen. Sus especulaciones eran puramente abstractas y teóricas; se aplicaban a cualquier mundo posible y no a nuestro mundo real. Estudiaban mecánica en teoría, pero no tenían ningún interés práctico por las máquinas^{ccclx}.

Arquímedes había estado disponible en latín desde el siglo XII, e impreso desde 1544: antes de Galileo todo matemático se contentaba con pensar en barcos que flotaban en un océano ilimitado, pero ninguno había hecho flotar modelos de barcos en modelos de océanos y estudiado qué ocurría exactamente. Los mejores matemáticos estaban totalmente satisfechos con el principio de Arquímedes, que les parecía a la vez coherente y completo. Galileo fue el primero en transformar el relato de Arquímedes de cómo flotan los cuerpos en una teoría que se podía poner a prueba con un aparato experimental; en cuyo momento la teoría se demostró incompleta.

La determinación de Galileo para encarnar la teoría matemática en un aparato correspondiente es fundamental. Incluso tenía la esperanza de construir un modelo mecánico que ilustrara su teoría de las mareas¹¹⁷⁷. De ahí se sigue la gran ventaja del análisis de Galileo sobre el de Aristóteles e incluso sobre el de Arquímedes, que es que el análisis de Galileo proporciona una mejor predicción y

¹¹⁷⁷ Galilei, *Le opere* (1890), vol. 5, 386.

más control: la prueba del pastel es cuando te lo comes. Y después, desde luego, el éxito una vez conseguido y diseminado se redescrive como sentido común, y se nos asegura que cualquier persona sensata puede ver que solo hay una manera (la manera correcta, en este caso la manera de Galileo) de abordar el problema, moviéndose de un lado para otro entre la inducción y la deducción, concibiendo experimentos mentales y experimentos reales, no confiando nunca en una teoría hasta que se haya puesto a prueba y se haya intentado falsarla^{ccclxi}. El «sentido común», si queremos decir las prácticas que *nosotros* creemos que lo encarnan, no existía antes de la publicación del *Discorso intorno alle Cose che Stanno in su l'Acqua* de Galileo en 1612^{ccclxii}. Galileo es la primera persona que es uno de nosotros en el sentido de «nosotros» que se requiere cuando Susan Haack escribe acerca de «nuestras normas de lo que constituye una indagación buena, honesta y cabal y de lo que constituye una evidencia buena, fuerte y solidaria»¹¹⁷⁸. Al intentar entender un caso como el estudio de Galileo de los cuerpos que flotan podemos, en resumen, tener demasiado realismo, en cuyo caso nunca comprenderemos la originalidad de Galileo o la oposición a la que se enfrentaba; pero podemos tener igualmente demasiado relativismo, en cuyo caso nunca reconoceremos que Galileo tenía razón, y que sus oponentes estaban equivocados.

Así, estamos obligados a reconocer que tanto realistas como relativistas tienen un punto a su favor. Hemos de correr con la

¹¹⁷⁸ Arriba, nota 45.

liebre y cazar con los sabuesos. Como los relativistas, hemos de reconocer los peligros de argumentar a partir de normas universales de racionalidad humana (lo que no quiere decir que tales argumentos sean siempre inválidos; el conocimiento de Galileo de la flotabilidad era mucho más fiable que los de sus adversarios, como hubieran descubierto si hubieran emprendido un programa de experimentación). Al igual que los realistas, hemos de insistir que no es difícil distinguir la ciencia buena de la mala, mientras reconozcamos que el conocimiento ha de ser puesto a prueba de manera prudente y sistemática frente a la experiencia.

Inicié la sección anterior de este capítulo presentando dos visiones alternativas de la ciencia, y he argumentado que ambas tienen mérito. Desde un punto de vista, el conocimiento con el que terminamos parece ser culturalmente relativo, contingente, peculiar; desde otro punto de vista parece ser de sentido común, predecible, inevitable. Kuhn intentaba mantener ambos puntos de vista, a pesar de la tensión entre ellos, al distinguir la ciencia revolucionaria de la ciencia normal. El resultado de una revolución es, aduce Kuhn, culturalmente relativo, contingente, peculiar; pero conduce a un período de estabilidad durante el cual el progreso es la norma. La distinción de Kuhn entre dos tipos de ciencia era demasiado pulcra, pero su aproximación básica era sensata: a veces, como hemos visto, un descubrimiento conduce a otro de una manera que, retrospectivamente, es completamente inevitable. Entre Copérnico y Newton hubo varias revoluciones, y no hay una senda que conduzca de una a la otra; pero de Torricelli a Newcomen la ruta es bastante

recta, y una vez se hubo inventado el barómetro y se hubo aceptado la experimentación como el mejor camino hacia el nuevo conocimiento, el motor de vapor pudo seguir directamente. En la historia de la ciencia no hay una solución simple a la elección aparentemente binaria entre la contingencia radical y la evolución predecible. Porque la elección es falsa. La respuesta está siempre en algún punto entre los dos extremos, y el equilibrio entre los dos ha de encontrarse de nuevo con cada nuevo tema.

§ 8.

Hemos estado estudiando los orígenes de la ciencia. Hemos visto que la ciencia es una empresa que hemos inventado y nos hemos puesto de acuerdo en jugar siguiendo determinadas reglas. Hay muchas empresas en las que inventamos las reglas y las cambiamos cuando queremos. La mayoría de edad era veintiún años; ahora es dieciocho. A las mujeres se les negaba el voto; ahora lo tienen. Hay otras empresas en las que nuestra capacidad para cambiar las reglas está limitada por factores sobre los que no tenemos el control. Los jardineros, por ejemplo, crean un microambiente peculiar para sus plantas. Si el jardinero deja de actuar, la naturaleza lo releva. Así, un jardín es a la vez natural y artificial, y es ambas cosas total y simultáneamente. Es fácil suponer que la ley del medio excluido requiere que algo sea *o bien* natural *o bien* artificial: así, una camisa está hecha de un material que es *o bien* natural (algodón, lino, lana) *o bien* sintético (nilón, poliéster). Pero el rayón o viscosa es a la vez natural y artificial, al estar hecho a partir de madera. Así, también,

una barca capaz de navegar con el viento utiliza fuerzas naturales para conseguir un resultado que no ocurriría en la naturaleza. En la jardinería, en la cocina, en la arquitectura naval hay muchas elecciones culturalmente específicas que podemos hacer, pero hay otras muchas cosas que simplemente no pueden hacerse. Las plantas mueren, la mayonesa se corta, los barcos se hunden. Desearlo y quererlo no las hará cambiar^{ccclxiii}. Tales actividades dependen de una colaboración compleja entre lo natural y lo social. Así, debe ser erróneo decir, como hace Andrew Cunningham, que la ciencia es «una actividad humana, una actividad totalmente humana, y nada más que una actividad humana»¹¹⁷⁹; es una actividad totalmente humana, pero no es «nada más que una actividad humana». La poesía y el *Scrabble* no son nada más que actividades humanas. La ciencia pertenece a la extensísima clase de actividades que combinan lo natural y lo artificial, que están limitadas tanto por la realidad como por la cultura.

El rasgo peculiar de la ciencia es que afirma que no solo coopera simplemente con la naturaleza (como hacen jardineros, cocineros y arquitectos navales), sino que descubre una verdad que existía antes de que dicha cooperación se iniciara. No es sorprendente que la historia de la ciencia sea una actividad problemática, porque la propia ciencia afirma constantemente que escapa de su propia especificidad temporal, de su propia artificialidad. Al afirmar que escapa de su propio proceso de producción, la ciencia se presenta

¹¹⁷⁹ Cunningham, «Getting the Game Right» (1988), 370

como natural, no artificial; cabe esperar que, en oposición a esta distorsión evidente, algunos quieran afirmar que la ciencia es completamente artificial y en absoluto natural. Pero la verdad simple es que es ambas cosas, y que los científicos están en lo cierto al reclamar que esta empresa artificial puede descubrir lo que ocurre en la naturaleza^{ccclxiv}.

Algunos negarían simplemente que sea posible escapar de la cultura y descubrir la naturaleza de la manera que los científicos afirman. Bruno Latour sostenía que el hecho de que en los pulmones del faraón del antiguo Egipto Ramsés II se descubriera la bacteria de la tuberculosis no significa que Ramsés muriera de tuberculosis. La tuberculosis no se descubrió hasta el siglo XIX. Antes de su descubrimiento no existía tal cosa como la tuberculosis, y en consecuencia nadie podía morir de ella. Esto es claramente erróneo: desde luego, Ramsés II no sabía que estaba muriendo de tuberculosis, pero no obstante sabemos que fue la tuberculosis lo que lo mató. El historicismo de Latour no tiene en cuenta un punto clave de la ciencia, que es que trata de materias que son la cuestión, ya sea que creamos que lo son o no. La bacteria que causa la tuberculosis fue *descubierta*, no *inventada*, por Robert Koch en 1882. Latour dice que Ramsés no pudo morir de tuberculosis de la misma manera que no pudo ser muerto por una ametralladora Gatling (Richard Gatling inventó la ametralladora Gatling en 1861), lo que deja claro que piensa que descubrimiento e invención son la misma cosa. No lo son. La ametralladora Gatling implica un nuevo tipo de cooperación entre la naturaleza y la sociedad; pero la

bacteria que provoca la tuberculosis no requiere una cooperación deliberada por nuestra parte, aunque identificarla y eliminarla sí que requiere técnicas que se originan en el laboratorio e implican una cooperación compleja entre la naturaleza y la sociedad^{ccclxv1180}.

La ciencia, como método y como práctica, es un constructo social. Pero la ciencia como sistema de conocimiento es más que un constructo social porque tiene éxito, porque encaja con la realidad¹¹⁸¹. No puede mostrarse que dicho encaje sea necesario o inevitable, que es lo que los realistas no comprenden. Aristóteles pensaba que su método era necesariamente confiable; estaba equivocado. Si nuestro método funciona mejor que el suyo es debido a que encaja mejor con el mundo tal como es, no debido a que el mundo estuviera obligado a ser así^{ccclxvi}. No obstante, donde sea que este encaje se establezca (y tiene que establecerse de nuevo en cada disciplina científica nueva) crea un bucle de retroalimentación positivo. Fuera de las disciplinas estrictamente matemáticas (que incluyen la astronomía y la óptica), este bucle se cerró por primera vez en 1600. En consecuencia, necesitamos pensar que la ciencia es el resultado de un proceso evolutivo en el que la ciencia buena ha tenido, a lo largo de los cinco últimos siglos, una mejor perspectiva de supervivencia que la ciencia mala. Tal como dijo correctamente Kuhn, «El desarrollo científico es como la evolución darwiniana, un

¹¹⁸⁰ Latour, «On the Partial Existence of Existing and Non-existing Objects» (2000); incluso Hacking encuentra que esto es «irresponsablemente juguetón»: Hacking, *Historical Ontology* (2002), 11.

¹¹⁸¹ Compárese Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 232-233, 237; Kuhn, *The Trouble with the Historical Philosophy of Science* (1992), 9.

proceso impulsado por detrás en lugar de ser halado hacia algún objetivo fijado al que se acerca cada vez más»¹¹⁸².

§ 9.

El problema con los relativistas es que explican la ciencia mala y la ciencia buena, la frenología y la física nuclear, exactamente de la misma manera; los defensores del «programa robusto» insisten explícitamente en esta equivalencia^{ccclxvii}. El problema con los realistas es que suponen que no hay nada peculiar acerca del método y la estructura de la ciencia. Según ellos el método científico es algo natural, como caminar, no artificial, como un reloj. Este libro les parecerá, estoy seguro, realista a los relativistas y relativista a los realistas: así es como pretendo que parezca. Corresponde a la tradición de la conferencia de Kuhn de 1991 «The Trouble with the Historical Philosophy of Science». Allí Kuhn criticaba a los relativistas (que habían obtenido gran parte de su inspiración de la propia obra de Kuhn), y decía que su equivocación era

dar demasiado por sentada la visión tradicional del conocimiento científico. Es decir, parece que crean que la filosofía de la ciencia tradicional era correcta en su comprensión de lo que ha de ser el *conocimiento*. Primero tienen que venir los hechos, y las conclusiones inevitables, al menos acerca de las probabilidades, han de basarse en ellos. Si la ciencia no produce conocimiento en

¹¹⁸² Kuhn, *The Trouble with the Historical Philosophy of Science* (1992), 14.

este sentido, concluyen, no puede producir conocimiento en absoluto. Sin embargo, es posible que la tradición estuviera equivocada no simplemente acerca de los métodos por los que se obtenía el conocimiento, sino acerca de la naturaleza del mismo conocimiento. Quizá el conocimiento, adecuadamente entendido, es el producto del mismo proceso que estos nuevos estudios describen¹¹⁸³.

La tarea, en otras palabras, es comprender de qué manera el conocimiento fiable y el progreso científico pueden resultar, y lo hacen, de un proceso defectuoso, profundamente contingente, culturalmente relativo y demasiado humano.

Uno de los obstáculos para comprender el *conocimiento* (para remedar a Kuhn) reside en el vocabulario que empleamos para discutir nuestras dificultades. Hay una etiqueta satisfactoria para personas que piensan que no existe en absoluto tal cosa como el *conocimiento* (sino simplemente sistemas de creencia que pasan como *conocimiento*): son relativistas. Pero no hay un término colectivo para todas las posiciones diferentes que tienen en común un reconocimiento de que algunas formas del conocimiento de la naturaleza tienen más éxito que otras, y que en consecuencia el conocimiento puede progresar. Desde luego, se puede adoptar el término «progresivista», pero esto suprimiría todas las dificultades que se asocian con la idea de progreso. Porque a veces el progreso

¹¹⁸³ Kuhn, *The Trouble with the Historical Philosophy of Science* (1992), 9. Pinch, «Kuhn - The Conservative and Radical Interpretations» (1997) (publicado originalmente en 1982) proporciona una valiosa guía para las ambigüedades del legado de Kuhn.

se detiene, y en muchos campos de la vida un paso adelante resulta en dos pasos atrás, el progreso no es lineal o incremental, y a veces es difícil llegar a ponerse de acuerdo sobre el estándar con el que se tendría que medir. No obstante, sucede.

Todo lo que estos grupos (ya se denominen realistas, pragmatistas, instrumentalistas, faliblistas, o lo que sea) tienen en común, aparte de una disposición a reconocer el progreso cuando lo ven, es un reconocimiento de que la naturaleza (o la realidad, o la experiencia) establece limitaciones prácticas sobre lo que puede pasar como predicción o control exitosos: que la naturaleza «devuelve la presión»¹¹⁸⁴. Estas personas reconocen que el conocimiento científico no está totalmente determinado, y que tampoco es *indeterminado*; es *semideterminado*. No es posible ser un relativista genuino y reconocer que la naturaleza devuelve la presión; pero es posible ser un constructivista (decir que producimos conocimiento a partir de los recursos culturales de que disponemos) y reconocer la resistencia de la naturaleza. De hecho, el conocimiento científico, adecuadamente entendido, ha de verse que es a la vez construido y limitado. Hasok Chang ha propuesto la etiqueta «realismo activo» para este doble reconocimiento^{ccclxviii 1185}.

¹¹⁸⁴ Lehoux, *What Did the Romans Know?* (2012), 232-233. Un ejemplo interesante es la velocidad del sonido: durante más de un siglo hubo una discrepancia importante entre los valores teóricos y los experimentales para la velocidad del sonido. La naturaleza hacía retroceder dichos valores (Finn, «Laplace and the Speed of Sound», 1964).

¹¹⁸⁵ Chang, *Is Water H₂O?* (2012), 203-251, especialmente 215-224. Brown y Sokal emplean el término «objectivismo» con el mismo propósito: Brown, *Who Rules in Science?* (2001), 92; Sokal, *Beyond the Hoax* (2008), 229. Pero, como demuestra el mismo Brown (101-104), el concepto de objetividad es susceptible de causar mucha confusión.

Quien intente ocupar esta posición de «lo mejor de ambos mundos» necesita enfrentarse a otro reto, el de dar cuerpo a la noción de que la naturaleza devuelve la presión. Kuhn vio este reto, pero lo describió mal. Se quejaba de los que «reconocen libremente que las observaciones de la naturaleza desempeñan realmente un papel en el desarrollo científico. Pero permanecen casi totalmente poco informativos acerca de dicho papel; es decir, acerca de la manera en que la naturaleza se incorpora a las negociaciones que producen creencias sobre ella»¹¹⁸⁶. Si el lector intenta captar el significado de Kuhn se encontrará que se le escurre entre los dedos. Porque existe un sentido en el que la propia ciencia es la explicación de cómo la naturaleza entra en negociaciones que producen creencias sobre ella; en cuyo caso la pregunta que Kuhn plantea no es realmente una pregunta histórica o filosófica, sino una petición de que se le explique un poco de ciencia.

De modo que hemos de dar la vuelta a la formulación de Kuhn. Con el fin de comprender la manera en que el mundo físico entra en las negociaciones que producen creencias, hemos de considerar las maneras en que nos comunicamos con y acerca de él. A un nivel, esto es una cuestión acerca del equipo: el telescopio transformó la manera en que los astrónomos negociaron con la naturaleza. En segundo lugar, es una cuestión acerca de herramientas intelectuales: el concepto de las leyes de la naturaleza, por ejemplo, modela los tipos de preguntas que los científicos plantean y los tipos

¹¹⁸⁶ Kuhn, *The Trouble with the Historical Philosophy of Science* (1992), 9.

de respuestas que la naturaleza proporciona. En el diálogo entre el científico y el mundo físico, el mundo físico (en líneas generales) permanece el mismo, mientras que lo que los científicos aportan al diálogo cambia, y esto transforma el papel que desempeña el mundo físico. Las maneras en que la naturaleza devuelve la presión se alteran en la medida en que nosotros lo alteramos. De ahí la necesidad de una epistemología histórica que nos permita dar sentido a las maneras en que interactuamos con el mundo físico (y al revés) en la búsqueda del conocimiento. La tarea central de una tal epistemología no es explicar *por qué* hemos tenido éxito en nuestra búsqueda del conocimiento científico; no hay una buena respuesta a esta pregunta. Más bien se trata de seguir la pista del proceso evolutivo por el que el éxito se ha construido sobre otro éxito; de esta manera podemos llegar a comprender *que* la ciencia funciona, y *cómo* funciona.

Al principio de este capítulo citaba yo la afirmación de Popper en 1958 de que la ciencia es «*conocimiento de sentido común a gran escala*, por así decirlo». En esto, como hemos visto, se equivocaba. Unos meses después añadió un nuevo epígrafe a la segunda edición de *The Logic of Scientific Discovery*, una cita tomada de los documentos del historiador lord Acton (1834-1902): «No hay nada más necesario para el hombre de ciencia que su historia...»¹¹⁸⁷. ¿Y qué es lo que el científico y el ciudadano deberían aprender de la

¹¹⁸⁷ Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (1959), 22 (del prefacio de 1958). El nuevo epígrafe (14) se añadió cuando el libro se reimprimió la primera vez (véase el agradecimiento en 23). La paginación difiere en ediciones posteriores.

historia de la ciencia? Que nada perdura. Que de la misma manera que las teorías de Ptolomeo y Newton parecieron perfectamente satisfactorias durante siglos, también nuestras teorías más queridas serán suplantadas un día. Tal como Kuhn indicaba una y otra vez, uno de los objetivos fundamentales de una educación en ciencias es ocultar esta verdad básica a la siguiente generación de científicos¹¹⁸⁸. La ciencia se replica por adoctrinamiento, puesto que las comunidades científicas trabajan de manera más eficiente cuando se ponen de acuerdo sobre lo que intentan hacer.

Pero, como Kuhn también comprendió, el hecho de que incluso las teorías científicas mejor establecidas puedan no perdurar no significa que no sean fiables, y no significa que la ciencia no progrese. Ptolomeo dio a los astrólogos la información que necesitaban, y Newton explicó las leyes de Kepler del movimiento planetario. Demostramos la fiabilidad de la ciencia moderna en cada momento de cada día. Reconocer tanto las limitaciones de la ciencia como sus fortalezas requiere una mezcla especial de escepticismo y confianza; los relativistas exageran el escepticismo y los realistas exageran la confianza.

¹¹⁸⁸ Kuhn, *Structure* (1970), 135-142.

Capítulo 16

Estos días posmodernos

«La historia no es el estudio de los orígenes...».

*Herbert Butterfield, *The Whig Interpretation of History* (1931)¹¹⁸⁹*

Este conocimiento [de lo que ocurrió después] hace imposible para el historiador hacer simplemente lo que los que piensan en la historia dicen que debería hacer: considerar el pasado en sus propios términos, y considerar los acontecimientos como lo hicieron los hombres que los vivieron. A buen seguro debería intentar hacerlo; y con la misma certeza ha de hacer más que solo eso porque sabe de aquellos acontecimientos lo que ninguno de los hombres contemporáneos de aquellos conocía; sabe cuáles fueron sus consecuencias.

Jack Hexter, «The Historian and His Day» (1954)¹¹⁹⁰

§ 1.

¹¹⁸⁹ Butterfield, *The Whig Interpretation of History* (1931), 47.

¹¹⁹⁰ Hexter, «The Historian and His Day» (1954), 231.

Este libro se titula *La invención de la ciencia*. Trata de un proceso cuya importancia solo se puede comprender cabalmente en retrospectiva. Algo cercano a nuestro sentido de lo que había sucedido ya lo habían conseguido William Wotton en 1694 y Diderot en 1748, pero es sorprendente que la historiografía moderna empiece en realidad inmediatamente después de la segunda guerra mundial. James B. Conant, entonces presidente de Harvard, que había desempeñado un papel fundamental en el Proyecto Manhattan para construir la bomba atómica, empezó a dar un curso universitario sobre «Comprender la ciencia» en 1948 (el trabajo de Kuhn surgió directamente de esta iniciativa). Tal como hemos visto, las conferencias de Herbert Butterfield sobre «Los orígenes de la ciencia moderna» se impartieron el mismo año: la ciencia había ganado la guerra del Pacífico, y su historia se convertía entonces adecuadamente en el interés de toda persona educada.

Dado que este libro depende en parte de una mirada retrospectiva, muchos historiadores se sentirán justificados al condenarlo como un ejemplo de historia whig. Allá por 1931, cuando Butterfield atacó la historia whig su blanco era la idea de que la historia tenía un propósito y un objetivo, que era producir nuestros valores, nuestras instituciones, nuestra cultura. Su ataque era a aquellos que escribían la historia para ratificar y glorificar el presente, en

particular las organizaciones políticas actuales¹¹⁹¹. La solución de Butterfield era aconsejar a los historiadores que hicieran del pasado su presente¹¹⁹².

Sin embargo, en el último medio siglo el término «historia whig» ha cambiado sutilmente de significado, y los mismos historiadores que hicieron los esfuerzos más denodados para comprender el pasado en sus propios términos se han visto acusados de ser culpables de este crimen intelectual¹¹⁹³. La confusión clave que ha fastidiado la discusión de este asunto se expresa en la afirmación (que hacen personas que se presentan como adversarias de la historia whig) de que «el punto de observación del historiador hacia el pasado ha de hallarse necesariamente en el presente», y que en consecuencia la elección de lo que se estudia es «al final... no simplemente historiográfica, sino política»¹¹⁹⁴. Si esto fuera cierto resultaría extremadamente difícil ver de qué modo los historiadores podrían evitar escribir historia whig. Pero no es más que media verdad.

Los historiadores se basan necesariamente en la evidencia que ha sobrevivido del pasado: en este sentido, su punto de observación es una colección de restos materiales que existen en el presente. Los historiadores también escriben necesariamente en su propio lenguaje, y se basan en herramientas y procedimientos intelectuales que (a menos que escriban sobre historia contemporánea) no

¹¹⁹¹ Butterfield, *The Whig Interpretation of History* (1931), v.

¹¹⁹² Butterfield, *The Whig Interpretation of History* (1931), 16.

¹¹⁹³ Wilson y Ashplant, «Whig History» (1988).

¹¹⁹⁴ Ashplant y Wilson, «Present-centred History and the Problem of Historical Knowledge» (1988), 274.

comparten con las personas a las que estudian. Su elección de sobre qué escribir estará modelada necesariamente por sus propios intereses y preocupaciones. En todos estos aspectos la historia es escrita por un historiador que, ineludiblemente, vive en el presente. Pero la perspectiva adoptada por el historiador no tiene por qué ser en absoluto la del presente. El finado Tom Mayer quería escribir un libro titulado *Galileo was Guilty*. Pero Mayer no quería decir que él pensara que Galileo era culpable, o que *nosotros* debiéramos pensar que era culpable; quería decir que, según los procedimientos establecidos por la Inquisición que lo juzgó y lo condenó en 1633, era culpable. El objetivo de Mayer era comprender el juicio de Galileo como uno más de un número elevado de juicios que la Inquisición había llevado a cabo, y situarse en una posición en la que pudiera establecer si se habían seguido los procedimientos normales o si el tratamiento de Galileo fue de alguna manera excepcional. Su proyecto era hacer del pasado de los inquisidores su presente. Su conclusión era que Galileo era culpable según la ley tal como estaba establecida entonces¹¹⁹⁵.

No obstante, la idea de que hemos de comprender el pasado en sus propios términos puede colocar a los historiadores bajo una presión perversa para encontrar alguien en el pasado que pueda actuar como portavoz de sus propios puntos de vista. A veces esta maniobra puede estar justificada; pero a menudo origina un nuevo

¹¹⁹⁵ Mayer, *The Roman Inquisition: A Papal Bureaucracy* (2013); Mayer, *The Roman Inquisition: Trying Galileo* (2015).

tipo de historia whig. Un ejemplo sorprendente de esto puede encontrarse en *Leviathan and the Air-pump*, de Shapin y Schaffer.

Hobbes distingue entre el conocimiento que tenemos de las cosas que hemos hecho nosotros (la geometría, el estado) del conocimiento que tenemos de cosas que no hemos hecho (la filosofía natural). En el caso de la geometría y el estado, según la visión de Hobbes, podemos saber con seguridad por qué algo es como es porque ni la geometría ni el estado existirían si no los hubiéramos construido. Pero en el caso de la filosofía natural Hobbes aduce que existe un límite a lo que podemos conocer cuando estudiamos la naturaleza, porque varios mecanismos diferentes pueden producir el mismo efecto; así pues, cuando intentamos razonar hacia atrás, desde los efectos a las causas, todo lo que podemos hacer es producir una conjetura razonable sobre la causa que es probable que haya producido un efecto concreto¹¹⁹⁶.

Sin embargo, Shapin y Schaffer quieren transformar a Hobbes en un wittgensteiniano del siglo XVII, alguien que cree que todo el conocimiento es convencional y construido¹¹⁹⁷. Su única evidencia para respaldar su afirmación es una cita de la traducción inglesa de *De cive* («Sobre el ciudadano», 1642), capítulo 16, § 16.:

Pero aquello que algún hombre puede objetar contra los reyes, que por falta de conocimiento raramente son capaces de interpretar

¹¹⁹⁶ Malcolm, «Hobbes's Science of Politics and His Theory of Science» (2002); Malcolm, «Hobbes and Roberval» (2002), 187-189; Hull, «Hobbes and the Premodern Geometry of Modern Political Thought» (2004), especialmente 121-122

¹¹⁹⁷ Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 150.

aquellos libros de la Antigüedad en los que se contiene la palabra de Dios, y que por esta causa no es razonable que esta función tenga que depender de su autoridad, también podrá objetar otro tanto contra los sacerdotes, y todos los hombres mortales, porque pueden equivocarse; y aunque los sacerdotes están más instruidos en la naturaleza y en las artes que otros hombres, los reyes son lo bastante capaces de designar a tales intérpretes bajo ellos. Y así, aunque los reyes no interpretan por ellos mismos la palabra de Dios, la función de interpretarla podría depender de su autoridad; y aquellos que por lo tanto rehúsan ceder su autoridad a los reyes, porque no pueden practicar ellos mismos la función, hacen lo mismo que si dijeran que la autoridad de enseñar *geometría* no ha de depender de los reyes, excepto que ellos mismos fueran *geómetras*.

A partir de esto llegan a la conclusión de que, según Hobbes, «la fuerza de la lógica... es la fuerza delegada de la sociedad, que trabaja sobre las capacidades de razonamiento natural de todos los hombres» y que «la fuerza que hay detrás de las inferencias geométricas» es la fuerza del Leviatán¹¹⁹⁸. Esto es parte de un argumento más amplio según el cual «las soluciones al problema del conocimiento son soluciones al problema del orden social» y que «la historia de la ciencia ocupa el mismo terreno que la historia de la política»¹¹⁹⁹. Tanto Hobbes como Wittgenstein, quieren argumentar,

¹¹⁹⁸ Hobbes, *Philosophicall Rudiments Concerning Government and Society* (1651), 284; Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 153-154.

¹¹⁹⁹ Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 332.

entendieron que una forma de conocimiento implica una forma de orden social, y viceversa.

Lamentablemente, su argumento depende de una mala interpretación profunda del texto de Hobbes. Su argumento es claro. Todos empleamos constantemente expertos para hacer tareas para nosotros, y no tenemos que ser expertos nosotros mismos para efectuar una elección razonable de un arquitecto, o un constructor, o un mecánico de coches, o un cirujano. En el caso del rey, este hace un tipo particular de elección de experto, porque da autorizaciones a la gente para que ejerza; por encima de todo, en el mundo de Hobbes, autoriza al clero a predicar. Para hacerlo no necesita ser un experto también él, solo es necesario que siga consejos sensatos. Lo que Hobbes plantea no es que la pericia sea lo que el soberano diga que es; es que los no expertos pueden ser competentes para seleccionar a expertos.

En la Inglaterra de la época de Hobbes se tenía que tener autorización para enseñar en una escuela, y solo se podía enseñar latín a partir del manual autorizado, *Lily's Grammar*. Esto no significa que todos creyeran que la gramática latina fuera cualquier cosa que el soberano decretara que era; significa que el gobierno había consultado a expertos y había elegido un único libro de gramática de manera que los alumnos que cambiaban de escuela no se confundieran al tener que empezar a aprender a partir de un libro distinto. Cuando Hobbes dice que los geómetras han recibido del rey su autorización para enseñar, significa que el rey autoriza a personas para que enseñen geometría, y solo las personas con una

autorización pueden enseñar; no quiere decir que el decreto real establezca qué es lo que cuenta como un buen argumento en geometría. Desde luego, el rey podría tomar una decisión equivocada; en términos modernos, podría conferir a los practicantes de la homeopatía la misma condición legal que a los profesionales de la teoría de los gérmenes como causantes de enfermedad, o, en términos del siglo XVII, dar al clero católico el mismo estatus legal que al clero protestante. Pero esta mala decisión no haría que la lógica mala o que la geometría mala o que la medicina mala, o de hecho la teología mala, se transformaran en lógica, geometría, medicina o teología buenas; simplemente tendría el efecto de conceder el derecho a practicar a las personas equivocadas.

De lo que Hobbes escribe aquí no es de la verdad, sino de la autorización. La página web del Consejo Médico General del Reino Unido (GMC) reza: «Para practicar medicina en el Reino Unido se requiere por ley que todos los médicos estén registrados y posean una autorización para practicar. La autorización para practicar confiere al médico la autoridad legal para emprender determinadas actividades en el Reino Unido, por ejemplo recetar, firmar certificados de muerte o de cremación y tener determinados puestos médicos (como trabajar como médico en el NHS)»^{ccclxix}. De ahí no se sigue que la capacidad de curar a los enfermos la delegue a los médicos el GMC, o que la buena medicina sea lo que el GMC diga que es, o que los médicos no puedan intentar mejorar la medicina con la introducción de nuevos tratamientos. Simplemente significa

que no se puede practicar sin una autorización. Hobbes no estaba más comprometido con la supuesta visión wittgensteiniana de la verdad de lo que lo está el GMC.

La mala interpretación de Shapin y Schaffer tiene un propósito: al hacer que la visión que Hobbes tenía de la verdad corresponda a la de Wittgenstein (tal como ellos lo interpretan), pueden transformar la disputa entre Hobbes y Boyle en una disputa que se alinea con nuestras propias disputas contemporáneas acerca de la naturaleza de la ciencia, y con ello hacen que sirva a sus propios fines polémicos. Hobbes representa a los relativistas y Boyle a los realistas. Si no hubieran podido encontrar un portavoz para sus propias ideas en el pasado, Shapin y Schaffer habrían merecido la acusación de que buscaban el sentido del pasado al fiarse de nuestras categorías en lugar de comprenderlo en sus propios términos; afortunadamente, Hobbes, según ellos, emplea exactamente las mismas categorías que ellos quieren, de modo que pasado y presente se mezclan de manera inconsútil. De esta forma legitiman una lectura profundamente anacrónica de la disputa entre Hobbes y Boyle al poner en boca de Hobbes su propia opinión de dicha disputa.

Shapin y Schaffer acaban *Leviathan and the Air-pump* con esta declaración: «Cuando reconocemos la condición convencional y artefactual de nuestras formas de conocimiento, nos ponemos en una posición para darnos cuenta de que somos nosotros, y no la realidad, los que somos responsables de lo que conocemos. El conocimiento, tanto como el estado, es el producto de acciones

humanas. Hobbes estaba en lo cierto»¹²⁰⁰. Mi argumento ha sido que la responsabilidad para lo que conocemos se encuentra tanto en nosotros *como* en la realidad. La ciencia no es como el estado, que es totalmente obra nuestra, aunque deshacerlo no sería, como deshacer el dinero, ni mucho menos fácil. Colón no era «responsable» de la existencia de América, ni Galileo de las lunas de Júpiter, ni Halley del retorno del cometa Halley, aunque ciertamente el crédito de estos descubrimientos les pertenece. La realidad desempeñó su propio papel. Y este era precisamente el criterio de Hobbes cuando sostenía que la filosofía natural dependía a la vez de «las apariencias, o efectos aparentes» (nosotros diríamos «realidad») y «verdadero raciocinio»¹²⁰¹.

Pero por el momento concentrémonos en la última frase: «Hobbes estaba en lo cierto». Shapin y Schaffer nunca dirían «Boyle estaba en lo cierto». Nunca dirían «Galileo estaba en lo cierto» o «Newton estaba en lo cierto». Esto sería historia whig. ¿Qué es, entonces, lo que les hace permisible decir «Hobbes estaba en lo cierto»? La respuesta es simple. Hobbes no estaba en lo cierto acerca de la ciencia: en ciencia, en lo que a ellos concierne, las cosas no son ciertas o falsas. Estaba en lo cierto acerca de la naturaleza convencional del conocimiento. Aquí su relativismo se descompone y nos ofrecen su propia versión de la historia whig. ¿Cómo saben que

¹²⁰⁰ Compárese Bloor, *Wittgenstein* (1983), 3.

¹²⁰¹ Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 148, citando la traducción de *De corpore*, 65-66.

Hobbes estaba en lo cierto? Porque piensan que pueden convertirlo en un supuesto wittgensteiniano del siglo XVII.

§ 2.

Hacer del pasado nuestro presente, como defendía Butterfield, es una cosas. Es otra muy distinta condenar todo uso de la mirada retrospectiva e insistir en que el pasado solo debe presentarse «en sus propios términos». Así, se nos dice que «el único error de principio general que el historiador puede cometer... es leer la historia no hacia delante, como ocurrió, sino hacia atrás»^{ccclxx} 1202. Tal como vimos en el capítulo 2, esto es una tontería, porque hemos de leer la historia tanto hacia delante como hacia atrás. Robespierre no tenía ninguna intención de hacer surgir a Napoleón, pero si queremos entender a Napoleón hemos de mirar hacia atrás y ver de qué manera la combinación del absolutismo francés y de la Revolución Francesa hizo posible a Napoleón. Lo que ha ocurrido aquí es que las restricciones de Butterfield contra un tipo concreto de mirada retrospectiva (el utilizado para glorificar el presente) se ha transformado en una condena de la mirada retrospectiva *en general*. La incapacidad de reconocer que la historia puede ser leída hacia atrás, de hecho, que debe ser leída hacia atrás, conduce a que toda una serie de cuestiones históricas sean proscritas. Así, Quentin Skinner, el historiador de las ideas más influyente de la segunda

¹²⁰² Laslett, «Commentary» (1963), 863 (el texto original tiene un error evidentemente tipográfico: dice «los historiadores»); véase la discusión en Jardine, «Whigs and Stories» (2003).

mitad del siglo XX, ha pedido disculpas por escribir su libro de referencia *The Foundations of Modern Political Thought* (1978). En una entrevista en 2008 dijo que se había equivocado... al emplear una metáfora que prácticamente lo compromete a uno a escribir de manera teleológica. Mi propio libro está demasiado preocupado con los orígenes de nuestro mundo actual cuando debiera haber intentado representar el mundo que estaba examinando en sus propios términos, hasta donde fuera posible. Pero el problema de escribir historia europea moderna temprana es que, aunque su mundo y nuestro mundo son enormemente diferentes entre sí, nuestro mundo surgió de alguna manera del suyo, de manera que existe una tentación muy natural de escribir acerca de orígenes, fundaciones, evoluciones, desarrollos. Pero no es una tentación en la que piense caer en estos días posmodernos¹²⁰³.

Adviértase que lo que se está condenando aquí no es solo cualquier historia que relacione el pasado con el presente (una tentación a la que aparentemente siempre hemos de resistirnos), sino cualquier historia que trate de orígenes, evoluciones, desarrollos, cualquier historia que se escriba pensando en el desenlace.

Podría pensarse que esto es solo un desliz (después de todo, Skinner estaba hablando, no escribiendo), pero se sigue inevitablemente del proyecto de representar el pasado «en sus propios términos». La característica fundamental de toda la historia humana es que las

¹²⁰³ Goldie, «The Context of the Foundations» (2006), 32.

personas no pueden ver el futuro, y ello se debe a que el futuro, aunque es el resultado de innumerables acciones deliberadas es, para todos, un resultado involuntario¹²⁰⁴. Nadie consigue exactamente lo que planeó, esperó, pretendió. Escribir una historia que presente el pasado en sus propios términos ha de ser inevitablemente escribir una historia en la que el proceso de cambio sea absolutamente incomprensible, por la simple razón que no puede predecirse^{ccclxxi}. Aquí es importante distinguir entre historia teleológica (la idea de que la historia tiene un propósito u objetivo) e historia retrospectiva, que busca estudiar la historia como un proceso de desarrollo. La historia humana no tiene propósito ni objetivo; pero está llena de orígenes, fundaciones, evoluciones y desarrollos, y si los dejamos fuera dejamos fuera cualquier posibilidad de comprender el cambio^{ccclxxii}.

Esta empresa de leer el pasado retrospectivamente no necesita implicar supuesto alguno de que los participantes supieran hacia dónde se dirigían o que el resultado final estuviera predeterminado. A. J. P. Taylor (*The Origins of the Second World War*, 1961) no imaginaba que fuera posible que los políticos alemanes vieran venir la segunda guerra mundial; de hecho, intentaba huir de la suposición de que la guerra fuera el resultado de una planificación deliberada y buscaba una explicación mejor. Skinner, cuando escribió *Foundations* (si puedo tomarme la libertad de defender al Skinner inicial del Skinner posterior), no imaginaba que

¹²⁰⁴ Merton, «Unanticipated Consequences» (1936).

Maquiavelo, Bodin y Hobbes intentaran deliberadamente establecer los cimientos del liberalismo moderno o de la teoría moderna del estado. Donald Kelley (*The Beginning of Ideology*, 1981) no imaginó ni por un momento que los intelectuales franceses del siglo XVI previeran los «ismos» modernos^{ccclxxiii}. Escribir la historia retrospectiva (sé que algunos historiadores encontrarán que esto es sorprendente) es una empresa intelectual perfectamente sensata¹²⁰⁵. Los historiadores que rehúsan dedicarse a ello reducen innecesaria y arbitrariamente el ámbito intelectual de la historia; de hecho, la historia escrita sin el beneficio de la mirada retrospectiva (si acaso esto fuera posible) no sería historia en absoluto, sino más bien, adoptando el término de Foucault, «genealogía».

El origen de gran parte de esta confusión procede de dos características aparentemente problemáticas del proyecto del historiador. La primera es que las personas del pasado comprenden, en un grado considerable, lo que sucede y reaccionan de manera inteligente en respuesta a ello. Así, es fácil creer que se podría escribir la historia desde el punto de vista de Galileo. Pero es una verdad elemental que la importancia total de sus acciones estaba oculta para Galileo. Galileo, por ejemplo, a pesar de realizar experimentos exquisitos, nunca comprendió del todo el poder del método experimental, y rechazó la obra de Gilbert por no ser lo

¹²⁰⁵ Mayr, «When is Historiography Whiggish?» (1990); Alvargonzález, «Is the History of Science Essentially Whiggish?» (2013). Para la afirmación de que los historiadores que expresan puntos de vista como estos debieran ser apartados de la profesión histórica, véase Shapin, «Possessed by the Idols» (2006); y mi respuesta en la página de cartas del número siguiente.

suficientemente filosófica. Corregir su limitación en este aspecto no implica adoptar una visión centrada en el presente; solo necesitamos observar a Galileo desde el punto de vista de Mersenne, quien se dispuso inmediatamente a replicar los experimentos de Galileo con la intención de producir medidas más precisas. (Desde luego, siempre existe el peligro de que transformemos a Mersenne en el portavoz de nuestras opiniones, como Shapin y Schaffer hacen con Hobbes, de modo que hemos de proceder con cautela).

La segunda característica aparentemente problemática del proyecto del historiador es que algunos sucesos importantes son, simplemente, invisibles para los participantes^{ccclxxiv}. A veces las personas no tienen realmente ninguna idea de la importancia de lo que están haciendo, o si la tienen no ponen sus pensamientos sobre el papel. Newton armó un escándalo a propósito del uso del término «hipótesis»; pero no hubo un debate comparable acerca de las teorías, los hechos o las leyes de la naturaleza. La nueva terminología se adoptó tranquilamente, con indiferencia, despreocupadamente. Pero señala el nacimiento de una nueva manera de pensar, una manera de pensar que continúa siendo la nuestra. Identificar dicha manera de pensar e identificarla como todavía la nuestra son tareas propias del historiador; a esto se le puede llamar arqueología intelectual, si se quiere, en el sentido de que trata con acontecimientos que no fueron el resultado de

deliberación consciente¹²⁰⁶. No creo que ninguno de estos dos tipos de perspectiva histórica debería ser problemático, aunque pueden parecerlo a quien quiera presentar el pasado en sus propios términos, ni pienso que merezcan el título de historia whig.

Fijémonos ahora en un ejemplo de historia whig tal como dicho término se entiende normalmente. Cuando sir George Cayley publicó «On Aerial Navigation» (1809-1810), un análisis de la física del vuelo con aparatos más pesados que el aire, no podía imaginarse un avión moderno; pero había inventado la sección aerodinámica combada del ala y lo que ahora llamaríamos hélice^{ccclxxv}, y estaba seguro de que el vuelo con aparatos más pesados que el aire era posible; de hecho, construyó con éxito un planeador que podía llevar una persona. Lo que le faltaba, desde luego, era una fuente de energía adecuada: intentó imaginar un aeroplano impulsado por un motor de vapor, pero las dificultades eran evidentes.

Es perfectamente razonable decir que Cayley sentó las bases de la aeronáutica moderna. Cayley estaba convencido de que había hecho un descubrimiento importante; pero pasaría más de un siglo antes de que la importancia de lo que había hecho resultara aparente. Así, en la revista *Science* encontramos un artículo sobre «El problema del vuelo mecánico» que empieza así: «El período científico de la aviación empezó en 1809 cuando sir George Cayley publicó... la primera teoría mecánica completa del aeroplano», pero después añade a continuación «este informe pasó desapercibido hasta que se

¹²⁰⁶ Foucault, *L'archéologie du savoir* (1969).

sacó a la luz unos sesenta años más tarde»¹²⁰⁷. ¿Qué han de hacer los historiadores con Cayley? No veo razón alguna por la que pretendan ignorar su existencia, aunque cualquier discusión sobre él pueda ser despachada como historia whig. No hay nada peculiarmente centrado en el presente en considerar que Cayley es importante, a menos que el presente se extienda para que incluya el período de las primeras máquinas voladoras. Escribir sobre Cayley tampoco implica glorificar los modernos viajes en avión o (por ejemplo) negar su contribución al caldeamiento global. Cayley es una figura menor, pero no insignificante, en la historia de la ciencia y la tecnología; pero no hay duda de que nuestra sensación de su importancia deriva totalmente de la mirada retrospectiva.

§ 3.

Es tal el temor de ser acusado de escribir historia whig o teleológica que es difícil encontrar un historiador que plantee cuestiones simples y elementales de este tipo. Afortunadamente, el filósofo Richard Rorty puede venir en nuestra ayuda. Rorty se abalanzó sobre una observación de Steven Weinberg, que había escrito:

Lo que Herbert Butterfield denominó la interpretación whig de la historia es legítimo en la historia de la ciencia de una manera que no lo es en la historia de la política o de la cultura, porque la ciencia es acumulativa, y permite juicios definidos de éxito o fracaso¹²⁰⁸.

¹²⁰⁷ James, «The Problem of Mechanical Flight» (1912).

¹²⁰⁸ Weinberg, «Sokal's Hoax» (1996).

Aquí Weinberg había confundido sin darse cuenta tres cuestiones separadas: la acumulación (toda historia, y de hecho toda actividad humana, es acumulativa); éxito o fracaso (hay muchas actividades humanas que permiten juicios definidos de éxito o fracaso); y progreso (una característica única de la ciencia y la tecnología modernas). Y así Rorty atacó:

¿Quiere Weinberg realmente abstenerse de los juicios definidos del éxito o el fracaso de, pongamos por caso, los cambios constitucionales que produjeron las Enmiendas de Reconstrucción y el uso de la cláusula de comercio interestatal del Nuevo Pacto Social^{ccclxxvi}? ¿Quiere realmente discrepar de los que piensan que poetas y artistas van a hombros de sus predecesores, y acumulan conocimiento acerca de cómo escribir poemas y cómo pintar cuadros? ¿Piensa realmente que cuando se escribe la historia de la democracia parlamentaria o de la novela *no debiéramos*, al estilo whig, contar un relato de acumulación? ¿Puede sugerir qué aspecto tendría una historia legítima, no whig, de estas áreas de la cultura¹²⁰⁹?

La historia es un registro acumulativo de éxito y fracaso, y la pretensión de que pueda ser otra cosa distinta es un tabú peculiar de los escritos sobre historia de los últimos cincuenta años. (Se puede imaginar que Rorty y Weinberg hubieran tenido pocas dificultades en coincidir solo con que se hubieran puesto de acuerdo en el lenguaje a utilizar).

¹²⁰⁹ Rorty, «Thomas Kuhn, Rocks and the Laws of Physics» (1999), 186.

Lo que tiene de importante la ciencia de Galileo y Newton, Pascal y Boyle es que, en parte, tuvo éxito, y que sentó las bases de éxitos futuros. No sabían qué es lo que el futuro depararía; pero tenían un claro sentido de lo que intentaban conseguir. Confiaban en que hacían progresos, y no podemos dejar este progreso fuera de la historia, de la misma manera que no podemos dejar fuera la influencia que tuvieron en los que vinieron tras ellos. Tampoco podemos dejar el éxito fuera de la historia de la democracia parlamentaria o de la novela; pero a veces las democracias fracasan, y a veces las novelas empeoran en lugar de mejorar. Lo que tiene de notable la ciencia es que el proceso no es solo *acumulativo*, sino a lo que parece (para hacer una distinción que el diccionario no reconoce), *aglomerativo*^{ccclxxvii}. El pasado no solo modela el presente; en ciencia, las adquisiciones hechas en el pasado solo se abandonan (excepto cuando hay censura o interferencia religiosa o política) con el fin de cambiarlos por adquisiciones mayores hechas en el presente^{ccclxxviii}. Es esta característica peculiar de la ciencia moderna lo que hace que la historia de la ciencia desde 1572 sea únicamente una historia de progreso, y hace inadecuado escribir historia de la ciencia de la misma manera escéptica en que se podría escribir la historia de la democracia o la de la novela.

§ 4.

Por lo tanto, este libro se ha escrito deliberadamente en oposición a determinadas convenciones que han terminado por establecerse en «estos días posmodernos». Confío en que pronto dichas

convenciones serán tan misteriosas como las que rigieron la escritura de la historia política whig. ¿Cuál es la fuerza impulsora tras el relativismo y el posmodernismo? Algunos piensan que fundamentalmente es un compromiso político con el multiculturalismo, un compromiso que es necesario volver a examinar cuando las culturas chocan. De manera general, esto me parece cierto. Una visión alternativa es que el posmodernismo no quiere reconocer la existencia de la «realidad». El problema con esta visión es que da por sentado el concepto de «realidad», mientras que lo que necesitamos es una historia de la naturaleza cambiante de la realidad. Pero aun así, esta segunda visión también tiene, creo, un meollo de verdad. Insistir, como hacen los historiadores de la ciencia posmodernos, en la contingencia radical, en la idea de que no existe tal cosa como la dependencia de la trayectoria, que todavía podríamos estar practicando alquimia o conduciendo velocípedos, es afirmar que nunca hubo una lógica basada en la realidad que hizo que determinadas teorías y tecnologías tuvieran éxito mientras que otras fracasaron¹²¹⁰. Junto al compromiso político con el multiculturalismo, honorable en la intención aunque profundamente problemático en la práctica, hemos de reconocer también una fantasía poderosa, la fantasía de que podemos rehacer el mundo de la manera que queramos y, poderosa por igual, la fantasía de que nadie puede decirnos que lo que intentamos hacer

¹²¹⁰ Para una aproximación relativista sorprendente, pero nada convincente, a la historia de la bicicleta, véase Pinch y Bijker, «The Social Construction of Facts and Artefacts» (1984), 411-419.

no podrá hacerse nunca. La política multiculturalista tuvo un referente real en el poscolonialismo y la inmigración. Pero la epistemología posmodernista tiene también un referente de fantasía en lo que podemos llamar la «política del cumplimiento de los deseos», según la cual no hay obstáculos a que rehagamos el mundo como queramos, aparte de las ideas en nuestra mente. El mundo puede ser lo que queramos que sea, porque pensarlo hace que así sea. Cuando Shapin y Schaffer dicen «somos nosotros... los responsables de lo que sabemos» parecen implicar que el conocimiento puede ser lo que queramos que sea; y si no nos gusta la ciencia tal como la encontramos, entonces todo lo que necesitamos es desear que sea de otra manera.

Así pues, escondido dentro del relativismo se encuentra un sueño de omnipotencia, una recompensa de fantasía, quizá, para la impotencia y la irrelevancia de la vida académica. Durante los años 1919-1920 Antonio Gramsci, el marxista italiano, adoptó como suya la máxima «pesimismo del intelecto, optimismo de la voluntad»¹²¹¹. La política foucauldista es lo opuesto: optimismo del intelecto, pesimismo de la voluntad. Declara que estamos atrapados en un mundo que no hemos hecho nosotros, al tiempo que insiste en que los obstáculos para que rehagamos el mundo los hemos producido nosotros. Esta es una visión de la política que inventó por primera vez Étienne de la Boétie, amigo muy querido de Montaigne. Aunque

¹²¹¹ La frase tiene su origen en Romain Rolland, y se utilizó en la cabecera del periódico de Gramsci, *L'ordine nuovo*.

el amor por su amigo no conocía límites, Montaigne no asumió nunca como propia esta visión.

Capítulo 17

«¿Qué es lo que sé?»

¿Cómo ha de ser el mundo para que el hombre pueda conocerlo?

Thomas Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions (1962)¹²¹²

Ninguna teoría del conocimiento debiera intentar explicar por qué tenemos éxito en nuestros intentos para explicar las cosas ... hay muchos mundos, mundos posibles y reales, en los que una búsqueda de conocimiento y de regularidades fracasaría.

Karl Popper, Objective Knowledge (1972)¹²¹³

§ 1.

En 1571 Montaigne se retiró de su vida profesional como juez. Tenía 37 años, todavía joven para nuestros estándares, pero en el umbral de la edad anciana para los del siglo XVI. Lloraba (todavía lloraba) la muerte de la Boétie en 1563, y le preocupaban pensamientos de muerte. Intentaba pasar el tiempo con sus libros: era dueño de un millar de volúmenes, una colección enorme. En los travesaños de su biblioteca había pintado unas sesenta citas de los clásicos, todas las

¹²¹² Kuhn, *Structure* (1970), 163.

¹²¹³ Popper, *Objective Knowledge* (1972), 23.

cuales destacaban la vanidad de la vida humana y de las aspiraciones humanas al conocimiento. Eran, efectivamente, un resumen de sus lecturas. Hizo acuñar una medalla que tenía inscritas las palabras «Que sçay-je?» (¿Qué sé?) sobre la imagen de un par de balanzas. Las balanzas no representaban la justicia, porque vacilaban. Representaban la incertidumbre.

Montaigne no encontró felicidad en su nueva vida, de manera que se puso a escribir como una forma de terapia, una manera de hacerse compañía. El resultado habrían de ser los *Ensayos*, de los que el primer volumen, que contenía los libros primero y segundo, se publicó en 1580 (se añadió un tercer libro en 1588, y Montaigne continuó corrigiendo sus ensayos hasta su muerte en 1592). El término «ensayos» ha llegado a parecernos normal y natural: los estudiantes escriben ensayos continuamente. Pero cuando Montaigne empleó esta palabra quería decir una comprobación o una prueba. Montaigne se ponía a prueba a sí mismo, se exploraba, se estudiaba, intentaba darse sentido. En los *Essais* Montaigne hacía una declaración fundamental acerca de nuestro conocimiento del mundo: que el conocimiento siempre es subjetivo, personal. También estaba inventando un nuevo género literario.

En la primera edición de sus *Essais*, dos eran de importancia particular. En el centro del libro primero había un ensayo sobre la amistad, un prelude de lo que en principio pretendía ser la primera publicación de un libro notable de La Boétie, *Discours de la servitude volontaire ou Contr'un* (*Discurso sobre la servidumbre voluntaria o el Contrauno*), una obra que ahora se suele considerar

como el primer texto anarquista¹²¹⁴. Al final, Montaigne no pudo publicar el *Discours* porque ya lo habían publicado rebeldes protestantes y había sido condenado como sedicioso. La Boétie quería saber por qué obedecemos a la autoridad, y su respuesta era que no deberíamos hacerlo.

En el meollo del libro segundo (aunque esta vez no en el centro; el ensayo central se titula «Sobre la libertad de conciencia») estaba el más extenso de todos los ensayos, «Una apología de Ramon Sibiuda», un pasaje del cual, como vimos en el capítulo 9, fue crucial para el pensamiento posterior sobre las leyes de la naturaleza. Sibiuda (1385-1436), un teólogo catalán, había escrito, en latín, un libro que proporcionaba una demostración racional de las verdades del cristianismo, y a Montaigne su padre moribundo le había pedido que lo tradujera al francés (Montaigne data la epístola dedicatoria a la traducción, dirigida a su padre, el día de la muerte de su padre, el 18 de junio de 1568). Así, el origen de la «Apología» era algo tan privado y personal como el del origen del ensayo sobre la amistad, y aquí tenemos de nuevo un emparejamiento de textos: la defensa del cristianismo de Sibiuda con la «Apología» de Montaigne. Pero esta vez es Montaigne el autor del texto revolucionario, porque la «Apología» era solo en su aspecto externo una defensa de Sibiuda; un examen más detenido demuestra que es un ataque devastador contra todo lo que este defendía, una crítica sostenida de la religión. Evidentemente, el

¹²¹⁴ La Boétie, *De la servitude volontaire* (1987).

argumento de Montaigne había de expresarse con una cautela exquisita. Incluso la obra de Sibiuda había caído mal a los censores, no por su embestida básica, sino por las extravagantes afirmaciones que Sibiuda hacía en su nombre en el prefacio. Puesto que Sibiuda había emparejado fe y razón, la crítica de Montaigne se dispuso a socavar la fe mediante la demostración de que todas las afirmaciones de conocimiento son exageradas. Lo que estaba en juego en la «Apología» no era solo la racionalidad de la fe cristiana, sino la fiabilidad de todas las afirmaciones hechas por los filósofos. Los asuntos que ahora llamaríamos «ciencia» formaban, en el siglo XVI, parte de la filosofía^{ccclxxix}, de modo que la «Apología» de Montaigne es, entre otras cosas, un ataque a la ciencia de su tiempo.

Los orígenes del escepticismo de Montaigne no son difíciles de identificar. El enconado conflicto entre protestantes y católicos, que condujo a una guerra civil prolongada en Francia, a las masacres y brutalidades más terribles, había hecho que todas las declaraciones de verdad parecieran parciales. La enseñanza humanista (Montaigne había sido educado para hablar latín como su primera lengua, de modo que había tenido la educación de que su padre carecía) había resucitado las creencias de los paganos griegos y romanos, lo que ofrecía una alternativa real al cristianismo. Las disputas filosóficas de las universidades medievales (entre el aristotelismo de Avicena y el aristotelismo de Averroes, y entre realistas y nominalistas) habían llegado a parecer provincianas por la publicación de textos desconocidos en la Edad Media: *De rerum*

natura («Sobre la naturaleza de las cosas») de Lucrecio, una obra de ateísmo materialista que Montaigne había estudiado con gran detenimiento (recientemente se ha identificado su ejemplar, muy anotado); y los *Esbozos pirrónicos* de Sexto Empírico (redescubiertos en la década de 1420 pero que no se publicaron hasta 1562)¹²¹⁵. El descubrimiento del Nuevo Mundo había socavado fatalmente cualquier declaración de que hay algunas cosas sobre las que todos los seres humanos pueden estar de acuerdo, entre ellas las sociedades que practican el nudismo y el canibalismo.

El escepticismo de Montaigne tenía sus límites. No dudaba de que se pudiera obtener vino de las uvas, o encontrar el camino desde Burdeos a París. Alguien había intentado persuadirlo de que los antiguos no entendían los vientos del Mediterráneo. Montaigne estaba impaciente con este argumento: ¿acaso intentaron navegar hacia el este y terminaron yendo hacia el oeste? ¿Se dirigían a Marsella y acabaron encontrándose en Génova? Naturalmente que no. No dio indicación alguna de que dudara que dos más dos son cuatro, o que los ángulos de un triángulo equivalen a dos ángulos rectos (aunque encontró paradójica una prueba geométrica de que dos líneas puedan acercarse una a otra para siempre sin llegar a tocarse¹²¹⁶). Lo que dudaba es de que se pudiera demostrar la verdad de la religión cristiana o de cualquier otra religión. Dudaba de que el universo hubiera sido creado para proporcionar un hogar

¹²¹⁵ Greenblatt, *The Swerve* (2011); Screech (ed.), *Montaigne's Annotated Copy of Lucretius* (1998); Popkin, *The History of Scepticism* (1979).

¹²¹⁶ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 643-644.

para los seres humanos, de la misma manera que se puede dudar de que se construya un palacio para que en él vivan ratas¹²¹⁷. Dudaba de que haya ningún principio de moralidad que pueda imponer una aprobación universal, y dudaba de que cualquiera de nuestros refinados sistemas intelectuales obtuviera algún sentido de cómo es el mundo. Estaba seguro de que los médicos tenían más probabilidades de matar a sus pacientes que de curarlos. Porque durante un milenio y medio Ptolomeo había parecido un experto totalmente fiable en todas las cuestiones relacionadas con la geografía y la astronomía; y entonces el descubrimiento del Nuevo Mundo había demostrado que su saber geográfico era irremediable, y Copérnico había demostrado que había al menos una alternativa viable a su cosmología¹²¹⁸. Nuestras afirmaciones de conocimiento, decía Montaigne, suelen ser interpretadas de manera incorrecta, porque no reconoceremos nuestros límites como seres humanos. Necesitamos recordar que la sabiduría de Sócrates consistía en reconocer su propia ignorancia¹²¹⁹.

Montaigne acabó (o casi acabó) la «Apología» con una cita de Séneca: «¡Oh!, ¡qué cosa más vil y abyecta es el hombre si no se eleva por encima de la humanidad!». «Un dicho conciso —comentó—, una aspiración de lo más útil, pero sin embargo absurda. Porque hacer que un puñado sea mayor que el puño, una brazada mayor que el

¹²¹⁷ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 502-504, 594-595 (una argumentación que Voltaire repite en *Candide*).

¹²¹⁸ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 642-644.

¹²¹⁹ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 555, 567.

brazo, o intentar hacer que nuestra zancada sea mayor de lo que nuestras piernas pueden extenderse, son cosas monstruosas e imposibles. Ni un hombre puede montarse sobre sí mismo ni encima de la humanidad: porque solo puede ver con sus propios ojos, agarrar con su propio asimiento». Desde luego, no podía detenerse aquí, porque las implicaciones heréticas eran demasiado claras. Y por eso continuaba: «Se levantará si Dios le ofrece (de manera extraordinaria) su mano; se levantará abandonando y repudiando sus propios medios, dejando que lo levanten y tiren de él por medios puramente celestiales»¹²²⁰. ¿Fue este un añadido renuente? Los lectores de Montaigne están (y siempre lo han estado) claramente divididos entre los que piensan que sus declaraciones de ortodoxia católica eran genuinas, y los que piensan que simplemente eran concesiones al censor. Mis propias simpatías ya resultarán claras¹²²¹. Después de todo, Montaigne no dio nunca un ejemplo de inspiración divina, o de intervención divina, sin rodearlos de dudas y dificultades. Señaló que, lejos de haber sido hechos a la imagen de Dios, hacemos nuestros dioses a nuestra propia imagen: «forjamos para nosotros los atributos de Dios, y nos consideramos sus correlativos»¹²²². En un momento insistía en que

¹²²⁰ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 683.

¹²²¹ Los puntos de vista eruditos sobre el descreimiento moderno temprano han avanzado mucho durante los últimos treinta años, pero se continúa leyendo a Montaigne como un cristiano. Para mi aproximación a estas cuestiones, véase, por ejemplo, Wootton, «Lucien Febvre and the Problem of Unbelief» (1988); para una discusión más reciente del humanismo del Renacimiento véase Brown, *The Return of Lucretius* (2010), prefacio y capítulo 1. Las anotaciones de Montaigne de su Lucrecio demuestran su compromiso cercano con la crítica que Lucrecio hace de todas las creencias religiosas.

¹²²² Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 595.

creía en milagros, y al siguiente dudaba de su propia creencia. Al final, basaba la obligación de ser un cristiano en la obligación de obedecer las leyes del país en el que uno se encuentra; y, desde el punto de vista de una persona razonable, el contenido de dichas leyes es totalmente arbitrario¹²²³.

No hay necesidad de resolver aquí esta cuestión. Lo que importa para los objetivos presentes es el rechazo de Montaigne no del conocimiento práctico, de la producción de vino y de pan de su época, sino del conocimiento culto, de la medicina, la geografía, la astronomía. Montaigne denominó «ciencias» a estas diversas ramas del conocimiento. El escepticismo de Montaigne, cuando se aplicaba a las ciencias de la época, era enteramente justificado: porque no hay un solo principio de filosofía natural que se enseñara en las universidades en 1580 que un estudiante de ciencias aprenda todavía en la actualidad. Los argumentos de Montaigne contra la creencia religiosa y contra las certezas morales convencionales son todavía tan perspicaces como siempre fueron; pero sus argumentos contra las ciencias de su tiempo no tienen en qué apoyarse contra las ciencias de nuestro tiempo. La ciencia es ahora algo absolutamente diferente de lo que era entonces.

§ 2.

Los seres humanos, aducía Montaigne, son imperfectos, de modo que el saber humano es necesariamente indigno de confianza.

¹²²³ Montaigne, *The Complete Essays* (1991), 652-653.

Galeno había afirmado que la mano de un médico sano era el instrumento perfecto para juzgar lo frío y lo caliente, lo húmedo y lo seco, las cuatro cualidades que constituyen el mundo. Si el paciente estaba más caliente que la mano del doctor, en términos absolutos estaba más caliente, y eso era todo. El mundo había sido ordenado divinamente de manera que nuestras sensaciones de caliente y frío correspondieran a diferencias cualitativas reales. A Montaigne esto no lo convencía en absoluto. Tenemos cinco sentidos, pero ¿quién sabe cuántos deberíamos tener si queremos saber lo que ocurre realmente? ¿Quién sabe lo que se nos escapa? Y, desde luego, tiene razón: los murciélagos experimentan el mundo de manera fundamentalmente diferente a la que experimentamos nosotros, y es erróneo suponer que la ecolocación les permite simplemente conocer aquello que nosotros conocemos por medios diferentes, porque puede conferirles discernimientos que nosotros no tendremos nunca¹²²⁴. Diderot, en la *Lettre sur les aveugles* (1749), una obra tan subversiva como la «Apología» de Montaigne, formularía la idea de que un filósofo ciego sería necesariamente ateo, porque sería totalmente incapaz de percibir orden y armonía en el universo¹²²⁵. Lo que sabemos del mundo y lo que pensamos que sabemos depende totalmente de cómo lo percibimos.

Parte de la gran transformación que conocemos como la Revolución Científica, una transformación que se inició en serio el año siguiente

¹²²⁴ Nagel, «What is It Like to be a Bat?» (1974).

¹²²⁵ Tunstall y Diderot, *Blindness and Enlightenment* (2011), aunque mi lectura de este texto difiere de la de Tunstall, por razones obvias.

a aquel en que Montaigne se retiró a su biblioteca, consistió en mejorar nuestros sentidos. La brújula permitió a los marinos percibir el campo magnético de la tierra. El telescopio y el microscopio permitieron a los científicos ver mundos previamente invisibles. El termómetro sustituyó a las manos de Galeno como medida de la temperatura. El reloj de péndulo proporcionó una medida objetiva de una experiencia subjetiva: el paso del tiempo. Nuevos instrumentos significaron nuevas percepciones, y con ellas llegó el nuevo conocimiento.

Todos estos instrumentos se basaban, al menos en parte, en las habilidades para fabricar vidrio y proporcionaban información visual. Junto a estos podemos situar la reproducción mecánica de textos e imágenes mediante la imprenta, que transformó la comunicación de conocimiento y estableció nuevos tipos de comunidad intelectual. Los *Essais* de Montaigne, que escribió en su biblioteca rodeado de estantes atestados de libros impresos, son en ellos mismos el testimonio de la aparición de una nueva cultura basada en los libros; diseminados una vez impresos, mostraban a todos y cada uno de los lectores cómo dedicarse a su propio proyecto de autoexploración.

Existe una tendencia a pensar en el telescopio como un instrumento científico y en la imprenta como algo externo a la ciencia: pero los primeros telescopios no fueron hechos por científicos o para ellos, y la imprenta transformó las aspiraciones intelectuales de los científicos porque ahora era posible trabajar con imágenes detalladas junto al texto. Ambos empezaron como tecnologías

prácticas y se convirtieron en instrumentos científicos. Así, la nueva ciencia dependía de unas pocas tecnologías clave que funcionaron, para emplear la frase de Elizabeth Eisenstein, como «agentes de cambio»¹²²⁶.

La imprenta tuvo una consecuencia adicional crucial que también podemos ver reflejada en los *Essais* de Montaigne: promovió una nueva actitud crítica hacia la autoridad que condujo a la insistencia de que el conocimiento ha de ser puesto a prueba una y otra vez. En el caso de Montaigne esto produjo un énfasis particular en la subjetividad de lo que conocemos, su dependencia de nuestra experiencia personal. El conocimiento heredado ya no podía aceptarse sin cuestionarlo. Pero a medida que se acumulaba nuevo conocimiento, la imprenta, en lugar de provocar escepticismo empezó a hacer posible un nuevo tipo de confianza. Se podían comprobar los hechos, replicar los experimentos, se podía colocar a las autoridades una al lado de otra y compararlas. El escrutinio intelectual podía ser mucho más intenso y extenso de lo que nunca fue antes. La imprenta fue la precondition para esta nueva insistencia de que el conocimiento, que ya no era autoritario, podía al menos devenir fiable.

Los nuevos instrumentos y los océanos de libros impresos dieron paso a nuevas experiencias y destruyeron las autoridades antiguas.

¹²²⁶ Eisenstein, *The Printing Press as an Agent of Change* (1979); Eisenstein, *The Printing Revolution* (1983); Baron, Lindquist y Shevlin (eds.), *Agent of Change* (2007). En general prefiero Eisenstein a sus críticos; por ejemplo, McNally (ed.), *The Advent of Printing* (1987): véase también arriba, pp. 78, 216-217, 323-327.

La antigua historia de la ciencia, la historia de la ciencia de Burt, Butterfield y Koyré, rechazaba la idea de que la nueva ciencia del siglo XVII fuera sobre todo la consecuencia de esta nueva evidencia; lo que importaba eran nuevas maneras de pensar. La nueva historia de la ciencia, empezando con Kuhn, intentó fundamentar estas nuevas maneras de pensar en comunidades intelectuales: el éxito de las nuevas ideas dependía del conflicto y la competencia en el seno de las comunidades de pensadores y entre dichas comunidades. Al problematizar la idea de que los experimentos podían replicarse con éxito, los miembros de la generación posterior a Kuhn, la generación de Shapin y Schaffer, buscaron demostrar que la experiencia misma es impredecible, maleable, construida socialmente. Según ellos (y aquí disienten de Kuhn), la historia social del conocimiento no es solo un aspecto de la historia de la ciencia; más bien, la historia social del conocimiento es la única historia que puede escribirse.

Reconocer las insuficiencias de la historia posmoderna de la ciencia no significa que debamos volver simplemente a Kuhn o Koyré. El problema de concentrarse en los cambios de paradigma que les interesaron es que perdemos de vista el entorno más amplio dentro del cual estos cambios tuvieron lugar: así, Kuhn dio una explicación del copernicanismo en la que el descubrimiento se daba por sentado, el telescopio apenas aparecía y nunca se mencionaba el idioma en el que se realizaba la ciencia. El enfoque de Kuhn daba por sentada la empresa científica, con lo que inevitablemente dejaba de lado el proceso de su formación, que era fundamental para el triunfo tardío del copernicanismo. Kuhn no supo ver lo que se

perdía porque supuso que la ciencia había sido inventada mucho antes de 1543 y porque subestimó gravemente los obstáculos a la adopción del copernicanismo, obstáculos que procedían de la subordinación de la astronomía a la filosofía. Un tal enfoque podría explicar revisiones locales: cómo desarrolló Pascal una teoría de la presión, o cómo dio Boyle con la ley de Boyle; no puede explicar la larga series de experimentos con el vacío desde Berti a Papin (el motor de vapor atmosférico de Newcomen no fue tanto un nuevo principio como la conclusión final de aquella empresa extendida), porque durante aquella secuencia se construyó una nueva cultura, una que buscaba resolver las disputas intelectuales mediante experimentación. Dicha cultura se basaba en imitación de una empresa anterior, que buscaba resolver disputas relacionadas con la estructura del universo mediante observación cada vez más exacta, la empresa de la nueva astronomía fundada por Tycho Brahe. Cuando los matemáticos cambiaron su atención desde la observación al experimento, desde la astronomía a la física, encontraron que necesitaban un nuevo conjunto de herramientas intelectuales, un nuevo lenguaje. Parte de dicho lenguaje (hipótesis y teorías) procedía de la astronomía; parte del mismo (los hechos, y posteriormente la evidencia) procedía del derecho. Este nuevo vocabulario fue fundamental para explicar la condición del nuevo conocimiento, y sin embargo es un lenguaje que habíamos llegado a dar tan completamente por sentado que su invención se ha hecho invisible. La presunción ha sido, o bien que pensar es algo que se produce de manera natural, o bien que todos los utensilios

intelectuales necesarios para pensar acerca de la ciencia natural habían sido desarrollados por los antiguos griegos. Tal como hemos visto, este no es el caso.

Las indagaciones sobre ciencia han tendido a suponer que básicamente existen tres variables que hay que tener en cuenta: experiencia (hechos, experimentos), pensamiento científico (hipótesis, teorías) y sociedad (condición social, organizaciones profesionales, revistas, redes, manuales). El concepto de paradigma de Kuhn, que él presentó como una amalgama de una práctica, una teoría y un programa educativo, representó una manera particular de engranar estas tres variables. Este programa fundamental podría haberse puesto en cuestión con la publicación de *The Emergence of Probability* (1975), de Ian Hacking, que afirmaba que pensar en probabilidades proporcionó una herramienta intelectual potente que no había existido hasta la década de 1660^{ccclxxx}. Pero ahora ya debería ser aparente que la probabilidad fue solo una de una serie de herramientas intelectuales clave que aparecieron en el decurso del siglo XVII: los materiales a partir de los cuales se podía construir una nueva historia de la ciencia de este tipo no estaban disponibles en 1975.

Sin embargo, la identificación de Hacking de la teoría de la probabilidad como un modo particular de pensamiento ha servido para esclarecer las alternativas intelectuales que estaban disponibles antes de la aparición de la probabilidad. No hay líneas escritas por Galileo que se hayan citado con más frecuencia que estas:

La filosofía está escrita en este enorme libro que siempre se halla abierto ante nuestros ojos (quiero decir el universo), pero no podemos entenderlo a menos que aprendamos primero a comprender el lenguaje y reconozcamos los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lenguaje matemático y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas; sin estos medios es humanamente imposible entender una sola palabra; sin ellos solo podemos hacer garabatos sin sentido en un laberinto oscuro¹²²⁷.

En opinión de Galileo las herramientas intelectuales que proporciona la geometría eran las únicas herramientas que un científico requería. Esta era una opinión razonable, puesto que fueron las únicas herramientas que se necesitaron para la astronomía copernicana y para las dos nuevas ciencias de Galileo, la ciencia de los proyectiles y la ciencia de las estructuras que soportaban peso^{ccclxxxi}. Al insistir en que estas eran las únicas herramientas requeridas, Galileo descartaba la lógica aristotélica como una irrelevancia. Por supuesto, desde Galileo se ha inventado toda suerte de lenguajes con los que hacer ciencia, entre ellos el álgebra, el cálculo y la teoría de probabilidad.

Es fácil pensar que el nuevo conocimiento surge de nuevos tipos de aparatos (el telescopio de Galileo, la bomba de aire de Boyle, el prisma de Newton), no de nuevas herramientas intelectuales^{ccclxxxii}. A

¹²²⁷ Sharratt, *Galileo* (1994), 140; Galilei, *Le opere* (1890), vol. 6, 232 (la traducción es de Sharratt).

menudo esta es una opinión equivocada: en un período de cien años el ensayo clínico aleatorizado (estreptomicina, 1948) puede parecer mucho más importante que los rayos X (1895) o incluso la producción de imágenes por resonancia magnética (1973). Los nuevos instrumentos son más claros que el agua; las nuevas herramientas intelectuales no lo son. Un buen ejemplo es la innovación de Descartes de emplear letras de cerca del final del alfabeto (x , y , z) para representar cantidades desconocidas en ecuaciones, o la introducción por William Jones del símbolo π en 1706. Leibniz creía que la reforma de los símbolos matemáticos mejoraría el razonamiento de manera tan efectiva como el telescopio había mejorado la visión¹²²⁸. Otro ejemplo es el gráfico: ahora los gráficos son ubicuos, de modo que resulta sorprendente descubrir que solo empezaron a usarse en las ciencias naturales en la década de 1830, y en las ciencias sociales en la de 1880. El gráfico representa una potente herramienta nueva para pensar¹²²⁹. Un concepto absolutamente fundamental, el de la significación estadística, lo propuso por primera vez Ronald Fisher en 1925. Sin él, Richard Doll no habría podido demostrar, en 1950, que fumar causa cáncer de pulmón.

Las herramientas físicas funcionan de manera muy distinta a las herramientas intelectuales. Las herramientas físicas nos permiten actuar en el mundo: una sierra corta madera y un martillo clava

¹²²⁸ Mazur, *Enlightening Symbols* (2014); Padoa, *La Logique déductive* (1912), 21

¹²²⁹ Tilling, «Early Experimental Graphs» (1975); Maas y Morgan, «Timing History» (2002).

clavos. Estas herramientas dependen de la tecnología. El destornillador no apareció hasta el siglo XIX, cuando fue posible producir en masa tornillos idénticos; antes de ello, los pocos tornillos fabricados a mano que se usaban se hacían girar con la punta de una hoja de cuchillo¹²³⁰. Telescopios y microscopios dependían de técnicas preexistentes para hacer lentes, y termómetros y barómetros dependían de técnicas preexistentes para soplar vidrio. Telescopios y termómetros no cambian el mundo a nuestro alrededor como lo hacen sierras y martillos, pero cambian nuestra consciencia del mundo. Transforman nuestros sentidos. Montaigne decía que la gente solo puede ver con sus propios ojos; cuando miran a través de un telescopio (lo que, desde luego, Montaigne nunca hizo) siguen haciéndolo con sus propios ojos, pero ven cosas que su vista nunca podría ver sin ayuda.

En cambio, las herramientas intelectuales manipulan ideas, no el mundo. Tienen precondiciones conceptuales, no precondiciones tecnológicas. Algunos instrumentos son herramientas a la vez físicas e intelectuales. Un ábaco es un utensilio físico para realizar cálculos complicados; nos permite sumar y restar, multiplicar y dividir. Es perfectamente material, pero lo que produce es un número, y un número no es material ni inmaterial. Un ábaco es una herramienta física para realizar trabajo mental. También lo son los números arábigos que damos por sentados. Escribo 10, 28, 54, y no, como hacían los romanos, X, XXVIII, LIV. Los números arábigos

¹²³⁰ Rybczynski, *One Good Turn* (2000).

son herramientas que me permiten sumar y restar, multiplicar y dividir sobre un pedazo de papel con muchísima más soltura de lo que podría hacerlo con números romanos. Son herramientas que existen como anotaciones en la página y en mi mente; como el ábaco, transforman la manera como opero con números. El número cero (desconocido por los griegos y los romanos), la coma decimal (inventado por Clavio en 1593), el álgebra, el cálculo: todos son herramientas intelectuales que transformaron lo que pueden hacer los matemáticos¹²³¹.

La ciencia moderna, ahora debería ser aparente, depende de una serie de herramientas intelectuales que son tan importantes como el ábaco o el álgebra, pero que, a diferencia del ábaco, no existen como objetos materiales y que, a diferencia de los números arábigos, el álgebra o la coma decimal, no requieren un tipo concreto de inscripción. Son, a primera vista, simplemente palabras («hechos», «experimentos», «hipótesis», «teorías», «leyes de la naturaleza» y, de hecho, «probabilidad»); pero las palabras sintetizan nuevas maneras de pensar. Lo que tienen de peculiar estas herramientas intelectuales es que (a diferencia de las herramientas intelectuales que emplean los matemáticos) son contingentes, falibles, imperfectas; pero hacen posible un conocimiento sólido y fiable. Implican declaraciones filosóficas que son difíciles, quizá imposibles, de defender, pero en la práctica funcionan bien. Sirvieron como un pasaje entre el mundo de Montaigne, un mundo

¹²³¹ Ginsburg, «On the Early History of the Decimal Point» (1928).

de la creencia y la convicción inapropiada, y nuestro mundo, el mundo del conocimiento fiable y efectivo. Explican el enigma de que seguimos sin poder hacer un puñado mayor que un puño, o una zancada más larga de lo que nuestras piernas pueden extenderse, pero que ahora podemos conocer más que lo que Montaigne pudo conocer. De la misma manera que el telescopio mejoró las capacidades del ojo, estas herramientas mejoraron las capacidades de la mente.

Durante el siglo XVII el significado de palabras clave varió y cambió, y lentamente tomó forma un vocabulario científico (o quizá metacientífico) moderno. Este reflejaba nuevos estilos de pensamiento, a los que a la vez daba origen¹²³². Estos cambios fueron raramente el tema de debate explícito en el seno de la comunidad intelectual, y por lo general los historiadores y los filósofos los han pasado por alto (en parte porque los propios términos no eran nuevos —«probabilidad» es típico al respecto— incluso si ahora se empleaban de una nueva manera), pero transformaron el carácter de las declaraciones de conocimiento¹²³³.

¹²³² Hacking, *The Emergence of Probability* (2006), xvi, citando a Butterfield, *The Origins of Modern Science* (1950); y xx, en referencia a Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994); Hacking, «Language, Truth and Reason» (1982) (reimpreso en Hacking, *Historical Ontology*, 2002); Hacking, «"Style" for Historians and Philosophers» (1992) reimpreso en Hacking, *Historical Ontology* (2002); Hacking, «Inaugural Lecture» (2002). Hacking sigue los pasos de Crombie, *Styles of Scientific Thinking* (1994), una obra que Crombie había descrito como «próxima» ya en 1980 (Crombie, «Philosophical Presuppositions», 1980). Para una crítica, véase Kusch, «Hacking's Historical Epistemology» (2010). Para un enfoque basado en Crombie, véase Kwa, *Styles of Knowing* (2011).

¹²³³ El estudio de la historia de las herramientas intelectuales o conceptos fundacionales se ha denominando «epistemología histórica». El término tiene su origen en Gaston Bachelard. Véase Daston, «Historical Epistemology» (1994). Daston describe el término como «hackinguesco», pero Ian Hacking prefiere el término de Foucault «arqueología del conocimiento»: Hacking, *The*

Junto a estas herramientas intelectuales podemos ver la aparición de una comunidad acostumbrada a usarlas: el nuevo lenguaje de la ciencia y la nueva comunidad de científicos son dos aspectos de un único proceso, puesto que los lenguajes nunca son privados. Lo que mantenía unida a esta comunidad no era solo el nuevo lenguaje, sino un conjunto de valores competitivos y cooperativos expresados en el lenguaje utilizado para describir la empresa científica (más que en los propios argumentos científicos), expresados en términos de descubrimiento y progreso y finalmente institucionalizados en la eponimia. Lo que es sorprendente de estas herramientas intelectuales y valores culturales es que han demostrado tener una historia totalmente distinta de la de los paradigmas. Los paradigmas florecen; después algunos mueren y otros quedan relegados a manuales introductorios. El nuevo lenguaje y los nuevos valores de la ciencia han sobrevivido durante 300 años (500 si nos remontamos a su origen común en «descubrimiento»), y no hay nada que sugiera que es probable que pronto pasen de moda. Al igual que el álgebra y el cálculo, estas herramientas y estos valores representan adquisiciones que son demasiado potentes para descartarlos, y que permanecen no como piezas de museo sino que están en uso constante. ¿Por qué? Porque el nuevo lenguaje y la cultura de la ciencia constituyen todavía (y creo que siempre constituirán) el armazón básico dentro del que se realiza la empresa

Emergence of Probability (2006) y «ontología histórica» en Hacking, *Historical Ontology* (2002). Daston ha ofrecido recientemente una alternativa: «historia de las emergencias»: Daston, «The History of Emergences» (2007).

científica. Su invención es parte integrante de la invención de la ciencia.

§ 3.

La Revolución Científica fue un único proceso transformativo, la consecuencia acumulativa, no de un tipo de cambio repetido muchas veces, sino de varios tipos distintos de cambio que se superponen y se entretajan unos con otros. Primero, estaba el almacén cultural dentro del cual se inventó la ciencia. Este almacén consistía en conceptos tales como descubrimiento, originalidad, progreso, autoría y las prácticas (como la eponimia) asociadas con ellos. Una escuela más antigua de historiadores y filósofos dio por sentado este almacén, mientras que una escuela más reciente ha deseado desacreditar o deconstruir los conceptos en lugar de explicar su importancia y rastrear su origen. Dicha cultura surgió en un momento concreto del tiempo: antes de aparecer no pudo haber ciencia tal como entendemos el término. Desde luego, los críticos tienen razón en que conceptos tales como descubrimiento son problemáticos: los descubrimientos rara vez los hace un único individuo en un momento preciso en el tiempo. Pero al igual que muchos otros conceptos problemáticos (democracia, justicia, transubstanciación), proporcionaron y siguen proporcionando un entramado dentro del cual la gente dio sentido y da sentido a sus actividades y decidía y todavía decide cómo vivir su vida. No podemos comprender la ciencia sin estudiar la historia de estos conceptos fundacionales.

Junto a este nuevo entramado, la imprenta transformó la naturaleza de las comunidades intelectuales, el conocimiento que podían intercambiar y la actitud ante la autoridad y la evidencia que les llegó de manera natural. Después vinieron los instrumentos nuevos (telescopios, microscopios, barómetros, prismas) y las teorías nuevas (la ley de la caída de Galileo, las leyes del movimiento planetario de Kepler, la teoría de la luz y el color de Newton). Finalmente, la nueva ciencia recibió una identidad distintiva mediante un nuevo lenguaje de hechos, teorías, hipótesis y leyes. Así, cinco cambios fundamentales interactuaron y se conectaron en el decurso del siglo XVII para producir la ciencia moderna. Los cambios en la cultura más amplia, en la disponibilidad de una actitud ante la evidencia, en la instrumentación, en teorías científicas definidas de manera estricta, y en el lenguaje de la ciencia y la comunidad de usuarios del lenguaje, todos operaron a lo largo de diferentes escalas temporales y fueron impulsados por factores diferentes e independientes. Pero el efecto acumulativo era una transformación fundamental en la naturaleza de nuestro conocimiento del mundo físico, la invención de la ciencia.

Puesto que cada uno de estos cambios fue necesario para la construcción de la nueva ciencia deberíamos ser cautelosos a la hora de intentar ordenarlos. Pero, si se observa detenidamente, es aparente que la nueva ciencia iba de una cosa más que de cualquier otra, y esta era el triunfo de la experiencia sobre la filosofía. Todos y cada uno de estos cambios debilitaron la posición de los filósofos y reforzaron la posición de los matemáticos, que, a diferencia de los

filósofos, dieron la bienvenida a la nueva información. El nuevo lenguaje de la ciencia era por encima de todo un lenguaje que confirió a los nuevos científicos herramientas para manejar la evidencia, o, como se la llamaba entonces, la experiencia. Leonardo, Pascal y Diderot (y Vadiano, Contarini, Cartier y todos los demás) tenían razón: era la experiencia lo que marcaba la diferencia entre las nuevas ciencias y las antiguas.

§ 4.

También Montaigne tenía razón: razón al pensar que los hombres y mujeres de su época eran irremediabilmente falibles cuando se trataba de comprender el mundo. Desde entonces, y a pesar de las afirmaciones de los posmodernistas, hemos aprendido a desarrollar un conocimiento fiable, aunque nosotros, en tanto que seres humanos, hemos continuado siendo tan falibles como siempre. Desde luego, nuestro conocimiento actual resultará ser incompleto y limitado a los ojos de las generaciones futuras; ni siquiera podemos empezar a pensar qué es lo que un día se conocerá. Pero no hay posibilidad de que se demuestre simplemente poco fiable. Podemos calcular de manera fidedigna la trayectoria que un cohete seguirá al volar desde la tierra a Marte. Podemos secuenciar el ADN humano, e identificar las mutaciones genéticas que causan, por ejemplo, la diabetes. Podemos construir un acelerador de partículas. No podríamos hacer estas cosas si nuestro conocimiento estuviera totalmente mal interpretado; quienquiera que sugiera que es así debería encontrar la misma impaciencia con la que Montaigne

recibió la información de que los romanos no entendían el sistema de vientos del Mediterráneo.

Hilary Putnam afirmó en 1975 que el realismo, la creencia de que la ciencia alcanza la verdad, «es la única filosofía que no hace del éxito de la ciencia un milagro»¹²³⁴. La consideración es sencilla: la ciencia es muy buena a la hora de explicar qué ocurre y de predecir qué ocurrirá. Si el conocimiento científico es verdad, dicho estado de cosas no necesita más explicaciones; pero si el conocimiento científico no es verdad, entonces solo un milagro podría producir una coincidencia tan perfecta entre las predicciones de los científicos y lo que ocurre realmente. El argumento de Putnam fue tumbado por Larry Laudan, quien rebatió la afirmación de que las teorías científicas de éxito es probable que sean verdad, y estuvo en lo cierto al hacerlo¹²³⁵. Muchas teorías que ahora consideramos completamente equivocadas han tenido éxito en el pasado. Con ello no quiero decir las teorías que siempre fueron defectuosas, que fueron reconocidas como defectuosas por algunas personas en su época, pero que sin embargo consiguieron un seguimiento generalizado: la medicina hipocrática (humoral), o la alquimia, o la frenología. Quiero decir por el contrario teorías que estuvieron bien establecidas en la ciencia de su época, se basaban en evidencia significativa, parecían proporcionar explicaciones sólidas y se

¹²³⁴ Putnam, *Mind, Language, and Reality* (1975), 73.

¹²³⁵ Laudan, «A Confutation of Convergent Realism» (1981). Laudan, en mi opinión, exagera su caso; pero los intentos de demolerlo paso a paso (como Psillos, *Scientific Realism*, 1999, 101-145) me parece que implican demasiados alegatos especiales para ser totalmente convincentes.

usaron con éxito para hacer predicciones nuevas: teorías como el sistema ptolemaico, el flogisto (una sustancia de la que se creyó, desde 1667 hasta finales del siglo XVIII, que era liberada por las sustancias combustibles cuando se encendían), el calórico (un fluido elástico del que se supuso, en la primera mitad del siglo XIX, que era la base material del calor) y el éter electromagnético (del que se creyó, en la segunda mitad del siglo XIX, que era el medio para la propagación de la luz).

Estos casos difieren, por ejemplo, del de la física newtoniana. Utilizando la teoría de la relatividad de Einstein se puede construir un mundo (el mundo de nuestra experiencia cotidiana) en el que las leyes newtonianas corresponden de manera muy ajustada a lo que ocurre realmente. Los astrofísicos emplean todavía las ecuaciones de Newton, no las de Einstein, para trazar las órbitas de las naves espaciales, porque aunque los cálculos newtonianos se basan en lo que ahora consideraríamos ideas equivocadas, las diferencias entre estos y los cálculos que reconocen la relatividad del espacio y el tiempo son demasiado pequeñas para que valga la pena preocuparse por ellas. Así, puede considerarse que la física einsteniana heredó los resultados de la física newtoniana al tiempo que llegaba mucho más allá que estos. Pero en los casos del calórico o del éter electromagnético no hay teoría heredera, y ahora no diríamos que estas teorías, que antaño parecían perfectamente bien establecidas, fueran aproximaciones útiles a la verdad. No obstante, del hecho de que ya no consideremos que estas teorías sean ciertas, o incluso útiles, no se sigue que nunca estuvieran asociadas a

prácticas experimentales fiables; al igual que la astronomía ptolemaica, estaban bien fundamentadas dentro de ciertos límites. Los argumentos de Laudan se dirigen contra la afirmación de Putnam de que la ciencia se dirige a la verdad, no contra la afirmación de que lo que caracteriza a la ciencia es que es fiable¹²³⁶. Tal como Margaret Cavendish dijo en 1664, comparando la búsqueda de la verdad con la fútil búsqueda de la piedra filosofal que habría de transformar el metal común en oro:

Aunque los filósofos naturales no puedan descubrir la verdad absoluta de la naturaleza, o los fundamentos de la naturaleza, o las causas ocultas de los efectos naturales, no obstante han descubierto muchas artes y ciencias necesarias y provechosas, para beneficiar la vida del hombre. La probabilidad está cerca de la verdad, y la búsqueda de una causa oculta descubre efectos visibles¹²³⁷.

Desde luego, la fiabilidad es un concepto escurridizo. Solo hemos de considerar los médicos de la época de Montaigne para un ejemplo admonitorio. Pensaban que empleaban sus conocimientos para curar a los pacientes. En realidad, sus remedios preferidos (sangrías y purgas) no hacían ningún bien¹²³⁸. Tomaban erróneamente la recuperación espontánea de los pacientes (gracias al

¹²³⁶ Chang, *Is Water H₂O?* (2012), 224-227.

¹²³⁷ Newcastle, *Philosophical Letters* (1664), 508.

¹²³⁸ Wootton, *Bad Medicine* (2006). Véase los comentarios de Papin en su carta a Leibniz, 10 de julio de 1704 (Papin, *Le Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 190-194 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 317-321. El placebo: Papin, *Le Vie et les ouvrages de Denis Papin* (1894), vol. 8, 206-208 = Leibniz, Huygens y otros, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin* (1881), 328-330.

funcionamiento de su sistema inmune), combinada con el efecto placebo, por curas producidas por la terapia médica (y los observadores inteligentes, como Montaigne, lo sospechaban^{ccclxxxiii}). En medicina no hubo métodos fidedignos de medir el éxito hasta el siglo XIX.

Pero los astrónomos ptolemaicos de la época de Montaigne eran muy diferentes de los médicos hipocráticos. Clavio afirmaba que tenían que existir las excéntricas y los epiciclos, de otro modo el éxito de las predicciones que hacían los astrónomos eran inexplicables:

Pero mediante el supuesto de círculos excéntricos y epicíclicos no solo se conservan todos los aspectos ya conocidos, sino que se predicen también fenómenos futuros, el tiempo de los cuales es totalmente desconocido... no es creíble que debamos obligar a los cielos (pero parece que los obligamos, si las excéntricas y los epiciclos son ficciones, tal como querrían nuestros adversarios) a obedecer nuestras ficciones y a moverse como queramos o como concuerda con nuestros principios¹²³⁹.

Clavio se equivocaba (no hay excéntricas ni epiciclos). Pero tenía razón al afirmar que podía predecir los movimientos futuros de los cuerpos celestes con un grado elevado de fiabilidad. Como Clavio, ponemos a prueba nuestro conocimiento haciendo cosas con él, que es la diferencia fundamental entre nuestro conocimiento y la mayor parte de las ciencias de la época de Montaigne. En comparación con

¹²³⁹ Véase arriba, pp. 438-439.

la filosofía del siglo XVII, todas nuestras ciencias son ciencias aplicadas, y todo nuestro conocimiento científico es lo suficientemente sólido para soportar la aplicación al mundo real, aunque solo sea en forma de experimento. Podemos resumir esto en tres palabras: la ciencia funciona.

Si aprendemos a navegar con una barca se nos enseñará a operar con un sistema ptolemaico, con una tierra estacionaria y un sol en movimiento, no porque sea verdad, sino porque permite un conjunto de cálculos fáciles. De modo que una teoría falsa puede ser perfectamente fiable cuando se usa en el contexto apropiado. Si ya no usamos epiciclos, flogisto, calórico o éter no es porque con estas teorías no puedan obtenerse resultados fiables; es porque tenemos teorías alternativas (teorías que consideramos que son ciertas) que son igualmente fáciles de usar y que tienen una gama de aplicaciones más amplia. No hay buenas razones para pensar que un día nuestras ciencias físicas resultarán, como la medicina hipocrática, ser tonterías aprendidas; pero es perfectamente posible que allí donde son ciertas lo son, como los epiciclos de Ptolomeo, por razones completamente equivocadas. La ciencia ofrece conocimiento fidedigno (es decir, predicción y control fiables), no la verdad¹²⁴⁰.

Un día podemos descubrir que algunas de nuestras formas de conocimiento más queridas son tan obsoletas como los epiciclos, el

¹²⁴⁰ Mi posición corresponde a la de Hacking, «Five Parables» (1984), y en Hacking, *Historical Ontology* (2002), 43-45.

flogisto, el calórico, el éter electromagnético y, de hecho, la física newtoniana. Pero parece prácticamente cierto que los futuros científicos seguirán hablando de hechos y teorías, experimentos e hipótesis. Dicha estructura conceptual ha demostrado ser notablemente estable, aunque el conocimiento científico que describe y justifica ha cambiado hasta ser irreconocible. De la misma manera que cualquier conocimiento progresivo de los procesos naturales necesitará un concepto equivalente a «descubrimiento», a medida que se produzcan avances ulteriores necesitará una manera de representar el conocimiento de manera tanto fiable como revocable: términos que hagan la función que hacen los «hechos», las «teorías» y las «hipótesis» tendrán que desempeñar un papel en cualquier empresa científica madura.

Hemos de finalizar reconociendo que tenemos el conocimiento científico que tenemos contra todas las probabilidades. No hay prueba ninguna de que el universo se hiciera pensando en nosotros, pero por buena fortuna parece que tenemos el aparato sensorial y las capacidades mentales necesarios para empezar a comprenderlo; y a lo largo de los últimos seiscientos años hemos confeccionado las herramientas intelectuales y materiales necesarias para progresar en nuestra comprensión. Robert Boyle preguntaba:

¿Y cómo se demostrará que el Dios omnisciente, o esta admirable organizadora, la naturaleza, pueden exhibir *fenómenos* de ninguna otra manera que las que son explicables por la débil razón del hombre? Digo explicables en lugar de inteligibles, porque puede haber cosas que aunque las comprendamos lo bastante bien, si

Dios, o algún ser más inteligente que nosotros, las convirtió en su obra para informarnos de ellas, aun así nunca habiéramos podido por nosotros mismos descubrir tales verdades¹²⁴¹.

Dios, ángeles y extraterrestres no han venido todavía en nuestra ayuda; pero cada vez más fenómenos han resultado ser explicables por la débil razón de los seres humanos.

La ciencia (el programa de investigación, el método experimental, el entrelazamiento de ciencia pura y nuevas tecnologías, el lenguaje del conocimiento revocable) se inventó entre 1572 y 1704. Todavía vivimos con las consecuencias, y parece probable que los seres humanos sigan viviendo con ellas. Pero no solo vivimos con los beneficios tecnológicos de la ciencia: la moderna manera científica de pensar se ha convertido en una parte tan fundamental de nuestra cultura que hoy se hace difícil pensar retrospectivamente en un mundo en el que la gente no hablaba de hechos, hipótesis y teorías, en la que el conocimiento no se basaba en la evidencia, en el que la naturaleza no tenía leyes. La Revolución Científica se ha hecho casi invisible debido simplemente a que ha tenido un éxito tan extraordinario.

¹²⁴¹ Boyle, *Some Considerations* (1663), 84 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 3, 257; véase, para sentimientos similares expresados en términos seculares, Kuhn, *Structure* (1970), 173.

Algunas notas más extensas

Una nota sobre la «ciencia» griega y medieval

Todo este libro es un argumento contra la tesis de continuidad (ejemplificada por Lindberg, *The Beginnings of Western Science*, 1992), pero en esta nota quiero presentar algunos argumentos generales y ofrecer algunas concesiones cruciales.

El argumento de que no había ciencias antes de que Tycho viera su nova en 1572 está abierto a algunas objeciones obvias (pero en su mayoría equivocadas). Kuhn pensaba que la astronomía ptolemaica era una ciencia madura (Kuhn, *Structure*, 1970:68-69): tenía ciertamente paradigmas que funcionaban y una capacidad de progreso. Aunque algunos de sus argumentos básicos (que todos los movimientos en los cielos son circulares, que no hay cambio en los cielos, que la tierra se halla en el centro del universo, que no puede haber vacío) procedían de la filosofía (Kuhn, *The Copernican Revolution*, 1957, los llama «maravillas», 86, y «enredos», 90), se correspondían bastante bien con la experiencia. E hicieron posible no solo el copernicanismo, sino también el programa de investigación de Tycho. Pero la astronomía era una disciplina peculiar porque aceptaba sin cuestionarla la distinción aristotélica entre los mundos sublunar y supralunar. Dicha distinción solo empezó a desmantelarse en 1572, y con ella desapareció también la idea de que podía haber principios diferentes que rigieran partes diferentes del universo, que podía haber ciencias diferentes para

lugares diferentes. Así, 1572 es realmente un momento crucial del cambio.

Hay argumentos sólidos para pensar que la biología aristotélica era una ciencia (Leroi, *The Lagoon*, 2014). Pero Aristóteles no estableció ninguna tradición de indagación biológica. En el siglo XVII William Harvey se consideraba un biólogo aristotélico, pero reconocía que solo una persona entre él y Aristóteles había comprendido cómo debía realizarse la investigación biológica, y esta era su propio profesor (y amigo de Galileo), Girolamo Fabrizi d'Acquapendente (Lennox, «The Disappearance of Aristotle's Biology», 2001; Lennox, «William Harvey», en prensa). De forma parecida, hay argumentos sólidos para pensar que Arquímedes era un científico (Russo, *The Forgotten Revolution*, 2004), pero su ciencia tuvo poca influencia en la Edad Media excepto en la medida en que pudo integrarse en el aristotelismo; no es hasta finales del siglo XVII cuando los matemáticos empiezan a imaginar una ciencia arquimédica que podría suplantar a Aristóteles (Clagett, «The Impact of Archimedes on Medieval Science», 1959; Laird, «Archimedes among the Humanists», 1991). Así, la Revolución Científica recuperó las ciencias perdidas de la biología aristotélica y de las matemáticas arquimédicas, pero muy pronto se apartó de sus fuentes: Harvey no tenía seguidores que afirmaran, como él hacía, ser verdaderos aristotélicos, y Galileo no tuvo seguidores que afirmaran, como él hacía, ser discípulos de Arquímedes.

En lo que a Kuhn concierne, la dinámica aristotélica era en sí misma una ciencia madura (Kuhn, *Structure*, 1970:10; véase

también Kuhn, *The Copernican Revolution*, 1957:77-98; Kuhn, *The Essential Tension*, 1977:24-35, 253-265; Kuhn, *The Road since Structure*, 2000:15-20). Aunque no quiso reconocer que la óptica era una ciencia antes de Newton, porque siempre había escuelas que competían (y, por lo tanto, no ciencia «normal»), Kuhn presentaba la dinámica aristotélica como un paradigma de éxito que fue suplantado en la Edad Media tardía por la teoría del ímpetu, que a su vez condujo a la nueva física de Galileo (Kuhn, *Structure*, 1970:118-125). Aquí la prueba es que «la transición sucesiva de un paradigma a otro a través de la revolución es el patrón de desarrollo usual de las ciencias maduras» (Kuhn, *Structure*, 1970:12). Pero la teoría medieval del ímpetu no produjo tal transición. Aristóteles continuó siendo el manual, y aunque la teoría del ímpetu se utilizó para remendar y arreglar problemas en la teoría de Aristóteles, no hubo tratados separados dedicados a la teoría del ímpetu (Sarnowsky, «Concepts of Impetus», 2008). La teoría del ímpetu se usó para manejar determinadas anomalías, no para producir una revolución; de hecho, los filósofos naturales medievales fueron incapaces de imaginar una revolución que suplantara a Aristóteles. Debido a que no realizaban ciencia normal, nunca resolvieron finalmente los problemas que los desconcertaban. Existen dos formas características que la filosofía natural adopta en la Edad Media: una es el comentario de Aristóteles; la otra es la colección de preguntas, de problemas para los que no hay una solución acordada. Con el tiempo se añadieron nuevos problemas; los antiguos no se eliminaron nunca.

Desde luego, una razón por la que la filosofía natural aristotélica sobrevivió prácticamente sin que fuera puesta en tela de juicio a lo largo de toda la Edad Media es que fuera de tres áreas muy restringidas (el imán, el arco iris, la alquimia) no se realizaron experimentos, y en los casos en que se hicieron llamadas a la experiencia, estas nunca implicaron mediciones. Así, en el extenso volumen de Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (1959), los primeros experimentos propiamente dichos son los que realizó Galileo. Si nos dirigimos al volumen todavía más extenso de Grant (ed.), *A Source Book in Medieval Science* (1974), encontramos, por ejemplo, una sección que su editor titula «Experiments Demonstrating that Nature Abhors a Vacuum» (327-328), traducida de Marsilio de Inghen (1340-1396). Pero se trata de *experientia* o experiencias: Marsilio ha reunido ejemplos de fenómenos que parecen explicarse mejor por la afirmación de que la naturaleza detesta un vacío (por ejemplo, se puede succionar agua mediante una pajita). No ha realizado ningún experimento. Por otra parte, cuando nos ocupamos de William Gilbert (*On the Magnet*, 1600), encontramos no solo experimentos diseñados especialmente, sino también (algo que no encontramos en sus predecesores, como Garzoni) experimentos que requieren mediciones.

Una tradición intelectual muy potente se ha dedicado a demostrar que la filosofía medieval era una precondition para la ciencia moderna (por ejemplo, Grant, *The Foundations of Modern Science*, 1996; Hannam, *God's Philosophers*, 2009). Esta obra tiene sus cimientos en los estudios innovadores de Pierre Duhem (1861-

1916), Annalise Maier (1905-1971), y Marshall Clagett (1916-2005). No forma parte de mi argumento debatir la afirmación de que solo tenemos las ciencias que tenemos porque Aristóteles y los filósofos medievales iniciaron determinadas líneas de indagación; los primeros científicos heredaron de sus antecesores una serie de problemas, pero sus procedimientos para resolver dichos problemas eran nuevos, y las herramientas intelectuales que construyeron para facilitar dichos procedimientos las extrajeron no de la filosofía, sino de la astronomía y el derecho. Ningún filósofo natural medieval consideraba que la ciencia natural hacía progresos, y ningún filósofo natural medieval se dedicaba a la investigación, si entendemos que ello significa el acopio de información nueva y relevante. Tycho, en cambio, tenía un programa de investigación que siguió de manera sistemática a lo largo de muchos años, y que creía que resolvería problemas fundamentales de la astronomía contemporánea; y con la idea de un programa de investigación llegó, necesariamente, la idea de progreso.

Una nota sobre la religión

Repensar un asunto importante como la Revolución Científica implica un proceso complejo de recalibración y reevaluación; temas que antaño parecían básicos se tornan marginales, y temas que antaño parecía que tenían meramente un interés de anticuario adquieren una nueva importancia. Existe una literatura muy extensa dedicada a la relación entre el cristianismo y la ciencia en el período moderno temprano^{ccclxxxiv}. Hay quien afirma que la creencia

en un Dios creador fue un prerrequisito fundamental para la ciencia moderna, pues hizo posible la idea de leyes de la naturaleza, una idea desconocida en la Grecia y la Roma antiguas, o en China. Otros aducen que hay una afinidad peculiar entre un tipo u otro de cristianismo (el puritanismo, por ejemplo) y la nueva ciencia^{ccclxxxv}. No creo que dichos argumentos sean convincentes, aunque son ciertamente intrigantes. Si el monoteísmo era lo que contaba, habría habido una revolución científica en el mundo islámico y en el ortodoxo. Si el protestantismo era lo que contaba, Galileo no habría sido un gran científico. La idea de las leyes de la naturaleza representa un caso de prueba crucial, y las cuestiones teológicas no demuestran ser fundamentales: de hecho, la fuente clave para el concepto parece ser Lucrecio; y, en lo que respecta a las convicciones religiosas de los primeros científicos, la única conclusión segura es que la generalización es imposible. Hay jesuitas y jansenistas, calvinistas y luteranos, y algunos que tenían poca fe, o ninguna en absoluto. Los primeros científicos parecen ser, en lo que concierne a sus ideas religiosas, una muestra más o menos aleatoria de los intelectuales de la Europa del siglo XVII. Muchos de los científicos que he comentado eran profundamente piadosos, pero su fe religiosa no era lo que tenían en común. Para entender este punto solo hay que pensar en Pascal y Newton, el primero jansenista y el segundo arriano^{ccclxxxvi}. Lo que tenían en común no era la religión, sino las matemáticas y, desde luego, una necesidad de libertad de expresión: «Me tenant comme je suis, un pied dans un pays et l'autre en un autre, je trouve ma condition très

heureuse, en ce qu'elle est libre», escribía Descartes a Isabel de Bohemia en el verano de 1648 («Hallándome como me hallo, con un pie en un país [Francia] y el otro en otro [Holanda], encuentro mi condición muy feliz, porque es libre»).

Wittgenstein: no era relativista

La convicción de que Wittgenstein era un relativista está arraigada en la literatura sobre sociología e historia de la ciencia, aunque los filósofos se hallan lejos de estar unidos sobre la cuestión (Kusch, «Annalisa Coliva on Wittgenstein and Epistemic Relativism», 2013; véase también Pritchard, «Epistemic Relativism, Epistemic Incommensurability and Wittgensteinian Epistemology», 2010). Me parece que esto no concuerda con varios pasajes en los que Wittgenstein expresa una opinión muy deferente de la ciencia. En una nota de 1931 escribía: «Por simple que parezca: la distinción entre magia y ciencia puede expresarse diciendo que en la ciencia hay progreso pero en la magia no. La magia no tiene tendencia interna a desarrollarse» (Wittgenstein, «Remarks on Frazer's Golden Bough», 1993:141). El hecho de que una empresa progrese no significa necesariamente que yo tenga que adoptarla: los atletas corren más rápido cada año, pero esto no es razón por la que yo deba dedicarme al atletismo. Pero la ciencia es un caso especial: si la ciencia lo hace cada vez mejor a la hora de comprender la naturaleza, lo hace mejor en la predicción y el control, entonces es muy difícil ver cómo puedo permanecer indiferente ante tal progreso. Una observación de 1931 puede descartarse fácilmente

como poco representativa, pero vemos esencialmente las mismas opiniones en el último conjunto de notas de Wittgenstein, *On Certainty* (1969). Considérese el pasaje siguiente:

131. No, la experiencia no es el terreno para nuestro juego de juzgar. Ni lo es su éxito notable.

132. Los hombres han juzgado que un rey puede producir la lluvia; decimos que esto contradice toda experiencia...

Considero que Wittgenstein dice que no podemos basar la inducción en la experiencia, de la misma manera que Hume demostró que no podemos basar nuestra noción de causación en la experiencia; pero, aunque no podemos basar un procedimiento concreto en una justificación filosófica, podemos ciertamente seguir usándola si tiene un éxito importante. La afirmación mágica de que un rey puede hacer que llueva no es un «éxito importante»; y cuando decimos que «contradice toda experiencia» lo que tenemos es un enfrentamiento entre su magia y nuestra ciencia en el que nuestra ciencia es superior a su magia. Compárese:

170. Creo aquello que la gente me transmite de una determinada manera. De esta forma creo en hechos geográficos, químicos, históricos, etc. Así es como *aprendo* las ciencias. Desde luego, aprender se basa en creer.

Si hemos aprendido que el Mont Blanc tiene 4000 metros de altitud, si lo hemos visto en un mapa, decimos que *lo sabemos*.

¿Y puede decirse ahora: concedemos crédito de esta manera porque se ha demostrado que sale a cuenta?

De nuevo, parece como si el argumento fuera que no puedo *demostrar* que el Mont Blanc tiene 4000 metros de altitud, pero creerlo, a partir de la autoridad de un mapa, ha «demostrado que sale a cuenta». En otras palabras, los procedimientos sociales que tenemos para establecer determinados tipos de hecho no pueden *justificarse*, pero tienen *éxito*, salen a cuenta, y esta es la razón por la que los empleamos.

Y (para tomar una serie de notas relacionadas con la idea de ir a la luna: 106, 108, 111, 117, 171, 226, 238, 264, 269, 286, 327, 332, 337, 338, 661, 662, 667):

286. Lo que creemos depende de lo que aprendemos. Todos creemos que no es posible ir a la luna; pero puede haber personas que creen que es posible y que a veces ocurre. Decimos: esta gente no sabe muchas de las cosas que nosotros sabemos. Y, no dejemos que estén tan seguros de lo que creen: están equivocados y lo sabemos.

Si comparamos nuestro sistema de conocimiento con el suyo, entonces el suyo es evidentemente el más deficiente, con mucho.

Es fácil suponer que el punto de vista de Wittgenstein aquí es relativista: decimos que su conocimiento es inferior al nuestro; pero *ellos* dicen lo mismo de nosotros. Pero supongamos una sociedad que cree que es posible viajar a la luna abandonando el propio cuerpo, como hacen los chamanes (véase §§ 106, 667), y compárese con el mundo de Wittgenstein en 1950: ¿no es justo decir que el conocimiento científico de 1950, que hizo posible el motor de reacción y la bomba atómica, era superior (de más éxito que) al

conocimiento mágico de una cultura chamanista? (véase Child, *Wittgenstein*, 2011:207-212).

De nuevo se plantea la misma cuestión:

474. Este juego [suponer la estabilidad de las cosas como norma] demuestra su valor. Esta puede ser la causa de que se juegue, pero no es la base.

Así que supongo que esta mesa continuará existiendo si me levanto y me voy de la habitación. No puedo *justificar* esta creencia, pero creer funciona bien (sale a cuenta, tiene éxito), y esta es la razón por la que continúo actuando como si esa creencia fuera verdad (esta es la causa de que se juegue a este juego).

Finalmente:

617. Determinados acontecimientos me situarían en una posición en la que ya no podría seguir con el viejo juego del lenguaje. Y en esto me deshice de la *seguridad* del juego.

Efectivamente, ¿no parece obvio que la posibilidad de un juego de lenguaje esté condicionada por determinados hechos?

Tomemos el juego del lenguaje representado por la astronomía ptolemaica; este juego dejó de ser posible cuando el telescopio demostró que Venus tiene un conjunto completo de fases. Así, los juegos de lenguaje no solo tienen éxito, progresan, salen a cuenta o demuestran su valor; también pueden hacerse insostenibles si los hechos cambian.

Tomados juntos, estos pasajes sugieren que hay algunos tipos de conocimiento que son superiores a otros porque *funcionan, salen a cuenta, son superiores, suponen progreso* y no contradicen los

hechos conocidos. No podemos proporcionar una justificación filosófica satisfactoria para estos tipos de conocimiento (en general, «las ciencias»), pero podemos decir que funcionan, y otras culturas interesadas en comprender, predecir o controlar los fenómenos naturales (y todas las culturas tienen que estar interesadas en estas actividades) deberían poder reconocer la utilidad de nuestro conocimiento (de nuestros mapas, de nuestras previsiones meteorológicas), de la misma manera que los indígenas americanos pudieron reconocer las ventajas de caballos y rifles para la caza de bisontes. Esto equivale a una visión de la ciencia antifundacionalista, pero lejos de una visión relativista. De ahí se seguiría que cuando los puntos de vista científicos se abandonan y son sustituidos por otros nuevos es porque se piensa que los nuevos son mejores a la hora de tener éxito, de salir a cuenta, etc. En otras palabras, la ciencia evoluciona, y lo hace porque las teorías que no consiguen desarrollarse, o que son incapaces de adaptarse frente a nuevos descubrimientos, son eliminadas.

Da la casualidad de que esta es la visión de la ciencia que se plantea en este libro, que, parecería hallarse auténticamente, por lo tanto, en la tradición establecida por Wittgenstein. Pero los textos de Wittgenstein son enigmáticos, problemáticos e inacabados. Son susceptibles de más de una lectura. No tengo muchas discrepancias con los que quieren leer a Wittgenstein como un relativista, mientras no usen esta lectura para justificar una historia relativista de la ciencia. Si señalar que el propio Wittgenstein no era un relativista en su comprensión de la ciencia ayuda a persuadir a los

historiadores para que abandonen su hostilidad hacia lo que llaman (de manera desorientadora) «historia whig», entonces vale la pena debatir qué es lo que Wittgenstein quería decir realmente. Porque adviértase que decir que una práctica sale a cuenta, tiene éxito, demuestra su valor es, por necesidad, hacer un juicio retrospectivo: solo podemos distinguir la buena de la mala ciencia, según el criterio de Wittgenstein, con el beneficio de la mirada retrospectiva. Y no podemos optar simplemente por ignorar la distinción entre ciencia buena y ciencia mala, porque si lo hacemos nos perderíamos una de las características peculiares de la ciencia, que progresa.

En cualquier caso, la cuestión de lo que pensaba realmente Wittgenstein ha de mantenerse separada de la cuestión de su influencia: *On Certainty* no se publicó hasta 1969, momento en el cual la consideración de Wittgenstein como un relativista intransigente ya estaba firmemente establecida. De modo que sus textos desempeñaron un papel decisivo en la legitimización de la nueva historia de la ciencia poskuhniiana porque se leyeron equivocadamente como que respaldaban un relativismo absoluto. (Véase «De este modo Isaac resta importancia...»).

Notas sobre el relativismo y los relativistas

Este libro se dirige contra tres tipos de relativismo. Primero, está la afirmación de que la historia ha de escribirse sin el beneficio de la mirada retrospectiva. Esta afirmación, que se remonta al libro de Butterfield *The Whig Interpretation of History* (1931), no tuvo una influencia discernible en la historia de la ciencia hasta la década de

1960. No puede ser cierta: por ejemplo, es solo la mirada retrospectiva lo que nos permite identificar el descubrimiento de América por Colón como un momento clave en el desarrollo de la ciencia moderna (véase, en general, MacIntyre, «Epistemological Crises», 1977). Segundo, está la afirmación de que el concepto de racionalidad siempre es relativo desde el punto de vista cultural. Tal afirmación deriva de Wittgenstein, pero empezó a tener un impacto importante en la historia y la filosofía de la ciencia después de la publicación de *The Idea of a Social Science* (1958), de Peter Winch. Sostengo que es incompatible con cualquier comprensión de los logros de la ciencia moderna. Y tercero, está la afirmación de que, en ciencia, las declaraciones con éxito y las que fracasaron han de entenderse y explicarse exactamente de la misma manera, un argumento que tiene su origen en *Knowledge and Social Imagery* (1976), de David Bloor, y que este denominó «el programa robusto». Este argumento implica negar que las declaraciones científicas se adopten nunca porque encajan mejor en la evidencia que las alternativas. Sus consecuencias para la historia de la ciencia han sido, así me lo parece, perniciosas. Cada uno de estos argumentos, desde luego, se ha transformado en parte de un movimiento intelectual mayor que puede calificarse laxamente de «posmodernismo». Según creo, el posmodernismo tiene mucho que enseñar a los realistas ingenuos, pero puesto que el realismo ingenuo apenas es considerado por los historiadores de la ciencia estos días, aquí me he concentrado en sus defectos, no en sus méritos.

1. Véase Shapin y Schaffer sobre la verdad como un juicio de actor (es decir, la verdad es lo que uno piensa que es): Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985), 14 (compárese con Bloor, *Knowledge and Social Imagery*, 1991:37-45, y Shapin, *A Social History of Truth*, 1994:4: «Para los historiadores, los antropólogos culturales y sociólogos del conocimiento, el tratamiento de la verdad como creencia aceptada equivale a una máxima del método, y con razón»). La verdad es solo el juicio de un actor para declaraciones que son necesariamente subjetivas. Por ejemplo, «Este es el chiste más divertido que yo haya oído nunca» es verdad si y solo si pienso que es así. Apenas ayuda tampoco extraer racionalidad del juicio de un actor (Garber, «On the Frontlines of the Scientific Revolution», 2004:158), puesto que toda la idea del concepto es que puede usarse (y se ha usado) para demostrar que los actores pueden equivocarse y a menudo lo hacen. Hay una diferencia entre jaque mate y muerte: cambiar las reglas del ajedrez puede alterar quién gane y quién pierda, pero no podemos volver a la vida cambiando nuestros conceptos (y creer que podemos es una forma de locura). Si algo y todo ha de tratarse como el juicio de un actor, entonces las ideas de verdad, racionalidad y realidad objetiva pierden su significado, y todos podemos ser inmortales si así lo elegimos. Pero al menos los que dan ese paso evitan formulaciones verdaderamente enigmáticas, como la

afirmación de Newman y Principe de que la creencia de Starkey en la piedra filosofal «no era injustificable» (Newman y Principe, *Alchemy Tried in the Fire*, 2005:176); de esta manera evitan afirmar que era sensata, y también evitan reconocer que era ridícula.

2. Barnes y Bloor, «Relativism, Rationalism» (1982):23, formulan la doctrina nuclear del programa robusto como el «postulado de equivalencia»: «Nuestro postulado de equivalencia es que todas las creencias están a la par unas con otras con respecto a las causas de su credibilidad. No es que todas las creencias sean igualmente ciertas o igualmente falsas, sino que con independencia de la verdad o la falsedad el hecho de su credibilidad ha de verse como igualmente problemático». Y así Simon Schaffer insiste que sería erróneo «explicar el establecimiento de una versión de la filosofía natural [en lugar de una versión opuesta] mediante la superioridad de su comprensión de la naturaleza» (Schaffer, «Godly Men and Mechanical Philosophers», 1987:57). Pero tendría que ser evidente que no todas las creencias están a la par unas con otras, y que las causas de su credibilidad varían mucho. La creencia galileana de que el hielo es más ligero que el agua no está a la par con la creencia aristotélica de que el hielo es más pesado que el agua; la creencia moderna de que los imanes son indiferentes al ajo no está a la par con la creencia clásica de que el ajo quita el poder a los imanes. En estos casos la primera creencia tiene los

hechos a su favor y la segunda no; una versión de la filosofía natural se estableció sobre su contrincante mediante la superioridad de su comprensión de la naturaleza. Insistir en que la cuestión de la validez ha de separarse de la cuestión de la credibilidad es insistir en que las creencias bien fundamentadas sean tratadas como si fueran creencias no fundamentadas. Es claro que las indagaciones basadas en esta premisa terminarán por concluir que las afirmaciones hechas en nombre de creencias bien fundamentadas son excesivas porque dicha conclusión está implícita en la metodología. Desde luego, la cuestión de cómo interpretar mejor el enfoque del programa robusto está muy debatida: véase el maravilloso intercambio de andanadas entre Bloor, «Anti-Latour» (1999) y Latour, «For David Bloor» (1999): encuentro que la lectura que Latour hace de Bloor es totalmente convincente. Para una crítica efectiva, véase Laudan, «The Pseudo-science of Science?» (1981).

3. Secord, «Knowledge in Transit» (2004):657. El contexto intelectual en el que se escribió *Leviathan and the Air-pump* lo establece de manera conveniente Shapin, «History of Science and Its Sociological Reconstructions» (1982). Para el programa robusto, véase Bloor, *Knowledge and Social Imagery* (1991); para otras obras de Barnes y Bloor: Bloor, *Wittgenstein* (1983); Barnes, *T. S. Kuhn and Social Science* (1982). El programa robusto defiende explícitamente el «relativismo metodológico», un término de arte que significa

«hay que explicar todas las creencias de la misma manera general con independencia de cómo sean evaluadas» (Bloor, *Knowledge and Social Imagery*, 1991:158; es decir, es idéntico al principio de simetría, sobre el que se ha hablado anteriormente (pp. 60-61 y se hablará más adelante, n.º 7, y que es una reformulación del postulado de equivalencia, que se ha comentado antes, n.º 2). A Harry Collins, fundador de la Escuela de Bath, cuyo trabajo está muy relacionado con el de la Escuela de Edimburgo, le gusta, al menos ocasionalmente, emplear el término «relativismo» de manera inequívoca e identificar a todos los que considera colegas relativistas y ayudas al relativismo: Collins, «Introduction» (1981). Pero «relativismo» es algo así como la palabra «ateísmo» en el siglo XVII: muchas personas lo atacan, pero pocas confiesan serlo; y cuando lo hacen insisten en definir el término a su manera propia y peculiar (Bloor, «Anti-Latour», 1999:101-103). El resultado es una determinada cantidad de confusión sobre quién puede ser llamado con justicia relativista y quién no. Por ejemplo, se me ha dicho repetidas veces por parte de personas que deberían saberlo mejor, que Shapin no es un relativista, y es cierto que él emplea rara vez el término: no obstante, recientemente se ha identificado de manera explícita como un «relativista metodológico», en otras palabras, como un defensor del programa robusto (lo que, desde un punto de vista sociológico, no es sorprendente, pues fue miembro de la

Unidad de Estudios de Ciencia de Edimburgo entre 1973 y 1989). Shapin practica lo que predica cuando da una explicación de su creencia en la fiabilidad del conocimiento científico que podría aplicarse igualmente bien (en una cultura diferente) a una creencia en la brujería: «Mi confianza en la ciencia es muy grande: esto es simplemente decir que soy un miembro típico de la cultura general sobreeducada, una cultura en la que la confianza en la ciencia es una marca de normalidad y que produce esta confianza cuando nos hacemos miembros de ella y continuamos siéndolo». (Shapin, «How to be Antiscientific», 2010:42 = Labinger y Collins, eds., *The One Culture?*, 2001:111; compárese la afirmación de Collins de que los que creen en la astrología cometen una equivocación social, en Labinger y Collins, eds., *The One Culture?*, 2001:258-259; véase también la exposición de Shapin del «postulado de equivalencia»: Shapin, «Cordelia's Love», 1995, y la descripción del «género relativista» en Ophir y Shapin, «The Place of Knowledge», 1991:5, que evidentemente es, por parte de Shapin, una autodescripción). Trato del relativismo de Shapin en el capítulo 15. Estoy de acuerdo con Bricmont y Sokal en sus contribuciones a Labinger y Collins (eds.), *The One Culture?* (2001), en que «el relativismo metodológico no puede justificarse a menos que se adopte también el relativismo filosófico o el escepticismo radical» (244). Es importante distinguir entre relativismo metodológico (que es

la adopción del relativismo como un método) y una posición muy diferente con el que puede confundirse fácilmente, el agnosticismo metodológico, la afirmación de que no podemos conocer a priori qué método funcionará y cuál no (una posición que yo defendería), que es perfectamente compatible con la afirmación de que ex post facto se puede ver que un método tiene más éxito que otro (una afirmación que los relativistas metodológicos están comprometidos en negar): véase Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (1996):173.

4. Shapin, *A Social History of Truth* (1994). Shapin defiende una visión «liberal» de la verdad en lugar de una visión «restrictiva» (4). Un tal enfoque implica sostener que el ajo sí que quita el poder de los imanes, o lo hacía (para Plinio, Alberto Magno, Van Helmont, etc.). La afirmación de que el ajo no elimina el poder de los imanes se convierte simplemente en una verdad alternativa, no en un descubrimiento; el método experimental se convierte en una manera de producir verdades, no una manera fiable; y la política de Boyle de sospecha disciplinada se convierte en una nueva manera de confiar en los demás. Shapin defiende asimismo «una disposición metodológica hacia la caridad» (4). En *Leviathan and the Air-pump* Shapin y Schaffer escribieron: «Siguiendo a Gellner, ofreceremos una “interpretación caritativa”» de Hobbes, y citaban un artículo de Gellner que había aparecido por primera vez en 1962, y el

uso que de este hacía Harry Collins (sobre el cual, véase más adelante, n.º 9). De hecho, Collins dejaba muy claro que no seguía a Gellner, sino que más bien iba contra él (Collins, «Son of Seven Sexes», 1981:15), porque el artículo de Gellner era, según sus propias palabras, una «súplica contra la caridad» (Gellner, «Concepts and Society», 1970:48); Collins sostenía que la «Indulgencia excesiva en la caridad contextual nos ciega con respecto a lo que es mejor y lo que es peor en la vida de las sociedades. Nos ciega ante la posibilidad de que el cambio social pueda darse mediante la sustitución de una doctrina o ética inconsistente por una mejor... nos ciega igualmente al... empleo de doctrinas absurdas, ambiguas, inconsistentes o ininteligibles» (42-43). Es mi libro, no *Leviathan and the Air-pump*, el que defiende seguir a Gellner. Efectivamente, Gellner estableció de manera precisa mi argumento general: «En siglos recientes, ha habido un cambio importante en el uso de conceptos, desde los meramente sociales a los genuinamente cognitivos: esto se conoce normalmente como la Revolución Científica. El wittgensteinismo hace imposible plantear ninguna pregunta sobre este acontecimiento, porque en sus términos nunca pudo ocurrir nada de este tipo, nada pudo tener ningún sentido» (Gellner, *Relativism and the Social Sciences*, 1985:185). ¡No es extraño que Shapin insista en que «no existió tal cosa como la Revolución Científica»! (Shapin, *The Scientific Revolution*, 1996:1). Cabe destacar que los que

intentaban construir la nueva ciencia eran perfectamente conscientes de cómo se podía afirmar que se proporcionaba una sociología del conocimientos pero se quería huir de un mundo en el que el conocimiento era determinado socialmente en su totalidad: véase Bacon sobre los Ídolos (Bacon, *Instauratio magna*, «Gran instauración», 1620: 53-80, libro 1, §§ 23-68 = Bacon, *Works*, 1857, vol. 4:51-69), y Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing*, 1661, en especial 125-135, 194-195. Para recensiones de *A Social History of Truth*, de Shapin, véase Feingold, «When Facts Matter», 1996 y Schuster & Taylor, «Blind Trust», 1997.

5. A menudo se le reconoce a Thomas Kuhn el mérito de introducir el término «paradigma» en la filosofía de la ciencia en idioma inglés en Kuhn, *Structure* (1962) (por ejemplo, Lehoux, *What Did the Romans Know?*, 2012:227, y Hacking, «Introductory Essay», 2012:xvii-xxi), pero en realidad la palabra se usa repetidamente en Hanson, *Patterns of Discovery* (1958):16, 30, 91, 150, 161; algunos de tales usos, aunque no todos, parecen distintamente protokuhnianos. El primer empleo por parte de Kuhn del término «paradigma» fue en una conferencia impartida en 1959, después de la aparición del libro de Hanson («*The Essential Tension*», reimpresso en Kuhn, *The Essential Tension*, 1977:225-239). Hanson también precedió a Kuhn a la hora de destacar la importancia de la psicología gestalt y en poner énfasis en la filosofía de Wittgenstein. Se le cita cuatro veces en la

Structure, y posteriormente Kuhn destacó la medida en que fue influido por él (Kuhn, *The Road since Structure*, 2000:311; Nye, *Michael Polanyi and His Generation*, 2011:242). Esto plantea una cuestión mayor en la interpretación de Kuhn. Joel Isaac ha afirmado que las semejanzas aparentes entre la obra de Kuhn y varias obras contemporáneas son una construcción retrospectiva (Isaac, *Working Knowledge*, 2012:232), pero no considera la influencia que algunas de estas obras tuvieron sobre Kuhn. Así, dice que Kuhn «dio» con el concepto de un paradigma en 1958-1959 (234), ignorando la posibilidad de que Hanson tuviera una influencia en Kuhn. (Feyerabend, cuando leyó *Structure* en borrador, lo encontró en su totalidad demasiado reminiscente de Hanson: Hoyningen-Huene, «Two Letters», 1995). Isaac piensa también que las aparentes semejanzas entre la *Structure* de Kuhn y el *Personal Knowledge* (1958) de Polanyi son desorientadoras, a pesar del hecho de que en *Structure* Kuhn se refiere al libro de Polanyi como «brillante» (44); a veces se dice que Kuhn plagió muchas de sus ideas de Polanyi. Así, MacIntyre escribió que la opinión de Kuhn sobre la ciencia natural «parece estar en gran parte en deuda con los escritos de Michael Polanyi (Kuhn no reconoció en parte alguna dicha deuda)» (MacIntyre, «Epistemological Crises», 1977:465). La afirmación entre paréntesis es simplemente falsa: el reconocimiento es explícito desde la primera edición, aunque

se pasa por alto en el índice de la tercera y posteriores ediciones). Lo mismo ocurre con las similitudes entre Kuhn y Feyerabend, a pesar del hecho de que estuvieron en estrecha comunicación durante 1960 y 1961 (Hoyningen-Huene, «Three Biographies», 2005). Isaac afirma que leer a Kuhn, junto a estos otros autores, como oponente al positivismo «combina la recepción del libro de Kuhn con el contexto histórico de su composición» (4; el texto clásico de recepción es Shapere, «The Structure of Scientific Revolutions», 1964). Pero el mismo Kuhn aprobó la interpretación que Isaac quiere anular (Kuhn, *The Road since Structure*, 2000:90-91). De este modo Isaac resta importancia al ataque directo de la *Structure* contra el positivismo, que, según Kuhn, apuntaló «la interpretación contemporánea más prevalente de la naturaleza y función de la teoría científica» (Kuhn, *Structure*, 1996:98-103; Isaac, *Working Knowledge*, 2012:231-232; para una explicación resumida de esta interpretación contemporánea, véase Hesse, «Comment», 1982:704), y representa de forma confusa el contexto de la composición de la *Structure*. La lectura «local» que hace Isaac de Kuhn en un contexto de Harvard es valiosa, pero Kuhn se fue de Harvard en 1956; por lo tanto, el texto clave para una lectura de Harvard no debería ser la *Structure* sino *The Copernican Revolution*, publicado en 1957, un texto que Isaac ignora en gran medida; y la *Structure* se lee correctamente (según Isaac parece reconocer

ocasionalmente) como una implicación en un debate mucho más amplio, internacional y antipositivista.

6. No todos estarán de acuerdo en que las verdades de las matemáticas son necesarias. Wittgenstein sostenía que «hacemos» o «inventamos» las verdades matemáticas, no las «descubrimos» (<http://plato.stanford.edu/entries/wittgenstein-mathematics/> revisado el 21 de febrero de 2011), y el programa robusto busca extender este principio de las matemáticas a la ciencia (Bloor, «Wittgenstein and Mannheim», 1973). La pregunta que planteo no es «¿Estaban Regiomontano y Hobbes en lo cierto con referencia a las matemáticas?», sino «¿De qué manera su comprensión de las matemáticas ayudó a establecer el trabajo preliminar para el conocimiento científico fiable?». Incluso Wittgenstein sostenía que existe una realidad que corresponde a las verdades matemáticas, pero «la realidad que les corresponde es que tenemos un uso para ellas» (Conant, «On Wittgenstein's Philosophy of Mathematics», 1997:220). La ciencia es uno de los usos que tenemos para nuestras matemáticas, y nuestras matemáticas y nuestra ciencia se sostienen mutuamente entre sí. Bloor, cuando discute la utilidad de las matemáticas, asume tácitamente que es útil al hacer posibles determinados tipos de relaciones sociales; así, piensa que sería adecuado decir que las matemáticas son una ideología, como el monarquismo (189); pero las matemáticas implican asimismo lo que Wittgenstein

denomina «nuestros requerimientos prácticos» (188), y si $2 + 2 = 4$ es una norma, no lo es como el derecho divino de los reyes, sino más bien como «cuando preparas una mayonesa has de añadir el aceite de gota en gota».

7. Una manera de eludir el argumento relativista estándar de que no se puede distinguir entre la ciencia buena y la ciencia mala, al tiempo que se evite una llamada a la realidad independiente, es argumentar que la propia realidad cambia, de manera que entonces se puede tratar «simétricamente» a la naturaleza y a la sociedad como parte de la misma historia. Este es el enfoque de la Teoría del Actor Red (ANT); para un ejemplo impresionante, véase Law, «Technology and Heterogeneous Engineering» (1987), y, para el pensamiento que hay detrás de este enfoque, Latour, «The Force and the Reason of Experiment» (1990), y Latour, «One More Turn after the Social Turn» (1992). Este enfoque es admirable porque rechaza el relativismo metodológico de las escuelas de Edimburgo y Bath, pero conduce a un historicismo radical («Mi solución... es historiar más, no menos»: Latour, Pandora's Hope, 1999:169), según el cual Tasmania no existía antes de que Tasman la «descubriera» en 1642, y la tuberculosis no existía antes de que Koch la «descubriera» en 1882. Así, todos los hechos son artefactos (véase pp. 276n y «El rasgo peculiar de la ciencia...»), lo que no es verdad. También se mantiene que naturaleza y realidad son artefactos, lo que nos lleva de nuevo al relativismo por una

ruta diferente: según Latour, las leyes de la naturaleza solo se cumplen allí donde hay científicos e instrumentos científicos, de la misma manera que los filetes de pescado congelados solo se encuentran donde hay congeladores y camiones congeladores (Latour, *We Have Never Been Modern*, 1993: 91-129).

8. Bloor, *Knowledge and Social Imagery* (1991): para una crítica, véase Slezak, «A Second Look» (1994). Un ejemplo sorprendente de la incapacidad de Bloor para reconocer que la naturaleza restringe a la ciencia se encuentra en la p. 39 (aunque la concesión en la última frase, «Sin duda estamos totalmente justificados a la hora de preferir nuestra teoría [a la de Priestley] porque su coherencia interna puede mantenerse sobre una amplia gama de experimentos y experiencias interpretados teóricamente», parecería devastadora por ser incompatible con el postulado de equivalencia). Es importante distinguir entre el principio de simetría (que la ciencia buena y la ciencia mala deberían explicarse de la misma manera) y el principio de imparcialidad (que la ciencia que fracasó ha de estudiarse tan detenidamente como la que triunfó, un principio que ya planteó Alexandre Koyré en 1933: Zambelli, «Introduzione», 1967:14). Así, Bertoloni Meli, *Equivalence and Priority* (1993):14, apela a un principio de simetría, pero su argumento solo requiere un principio de imparcialidad. De

hecho, su relato del conflicto entre Leibniz y Newton no es simétrico, puesto que Leibniz era un plagiario y Newton no.

9. Mi opinión es parecida a la de Pickering, *The Mangle of Practice* (1995), aunque Pickering evita el término «restricción» porque piensa que implica limitación social (65-67), y prefiere «resistencia». Compárese con la defensa de Harry Collins de su conjetura de que «el mundo natural de ninguna manera restringe lo que se cree que es» (Collins, «Son of Seven Sexes», 1981:54; Collins dice que su posición se hizo menos extrema en 1980: Labinger y Collins, eds., *The One Culture?*, 2001:184n), de manera que vale la pena hacer notar que aquí lo cito a partir de declaraciones de su posición madura o moderada). Si esto fuera cierto, Colón hubiera llegado a la China, el ajo quitaría el poder de los imanes y los cerdos podrían volar. Es importante entender que el relativismo de Collins (como el del programa robusto) no es el resultado de un programa empírico de indagación (aunque él lo denomina «el Programa Empírico del Relativismo»: Collins, «Introduction», 1981), sino su premisa: su proyecto entero «descansa sobre la prescripción “trata el lenguaje descriptivo como si estuviera dirigido a objetos imaginarios”» (Collins, *Changing Order*, 1985:16). Es evidente que si esta es nuestra premisa nuestra única conclusión ha de ser que la ciencia implica alguna especie de «truco ingenioso» (6), el truco de persuadir a la gente de que realmente existen objetos imaginarios. Incluso Collins, desde

luego, sucumbe a este truco (véase Collins, «Son of Seven Sexes», 1981:34, 54), al tiempo que insiste que hacerlo así es erróneo; así, la empresa empírica existe únicamente para ilustrar y no para poner a prueba las premisas relativistas de Collins, y es profundamente implausible en el sentido que requiere que pensemos que las cosas que no pueden ser ciertas (son «literalmente increíbles») podrían ser ciertas. Algunos lectores pueden pensar que Collins no puede ser real y que me lo he inventado (después de la inocentada de Sokal: Sokal, *Beyond the Hoax*, 2008, una tal idea no sería inadmisible). Les aseguro que existe y que no es un excéntrico: los excéntricos no son elegidos miembros de la British Academy. Para un rechazo de «restricción» formulado de manera más cauta, véase Shapin, «History of Science and Its Sociological Reconstructions», 1982:196-197. Lo que Shapin ofrece es esencialmente un argumento circular: hablar de restricción es incompatible con el relativismo, pero los historiadores están comprometidos con el relativismo, en consecuencia no deben hablar de restricción. Segundo, Shapin se basa en la tesis de Duhem-Quine para afirmar que lo que limita a los científicos no es la realidad, sino una descripción concreta de la realidad; pero es erróneo suponer, como hace dicha afirmación, que el resultado de los debates científicos siempre es indefinido. Cuando Galileo vio las fases de Venus no había una manera alternativa de describir lo que había visto; ni tampoco la podía haber, a menos que se

estuviera dispuesto a cuestionar supuestos que todos, con buenas razones, tenían en común (que la luz se desplaza en línea recta, por ejemplo).

10. Es fácil añadir a estos ejemplos lo siguiente: Mornet, *Les Origines intellectuelles de la Révolution française* (1933); Lefebvre, *The Coming of the French Revolution* (1947); Bailyn, *The Ideological Origins of the American Revolution* (1967); Trevor-Roper, «The Religious Origins of the Enlightenment» (1967); Stone, *The Causes of the English Revolution* (1972); Weber, *Peasants into Frenchmen* (1976); Baker, *Inventing the French Revolution* (1990); Chartier, *The Cultural Origins of the French Revolution* (1991); Skinner, «Classical Liberty and the Coming of the English Civil War» (2002); Bayly, *The Birth of the Modern World* (2003). Igualmente retrospectivos en su carácter son libros sobre el deterioro, como Thomas, *Religion and the Decline of Magic* (1997), o el fracaso, como MacIntyre, *After Virtue* (1981). Desde luego, una de las razones para abandonar los viejos relatos retrospectivos es que eran profundamente insatisfactorios, como Elton y toda una serie de estudiosos posteriores a él demostraron para la guerra civil inglesa (Elton, «A High Road to Civil War?», 1974), y como Cobban y toda una serie de estudiosos posteriores a él demostraron para la Revolución Francesa (Cobban, *The Social Interpretation of the French Revolution*, 1964). Pero el hecho de que una tarea se haya hecho mal no significa que no

pueda hacerse mejor, y es difícil imaginar cómo una situación en la que no tenemos explicación para la guerra civil inglesa, como no sea que fue un desgraciado accidente (lo que simplemente plantea la pregunta de por qué fue imposible recomponer de nuevo a Humptyccclxxxvii), pueda ser considerada satisfactoria. Tampoco puedo ver por qué razón los historiadores deberían ceder muchas de las cuestiones más interesantes a otras disciplinas (política, filosofía, sociología) simplemente porque requieren una consideración de inicios y finales. La sencilla verdad es que la definición de historia whig se ha hecho más y más ajustada a medida que han pasado los años. Pero en historia de la ciencia la cuestión de la llamada historia whig es particularmente controvertida porque se usa para censurar cualquier reconocimiento de que en la ciencia hay progreso, y con ello para atrincherar el postulado de equivalencia como un principio del método histórico. También aquí las actitudes se han hecho más restrictivas cada año que pasa. En 1996 Roy Porter, un historiador tan opuesto como el que más a la historia whig, publicó una obra (escrita evidentemente antes, quizá en 1989) en la que se decía que la Revolución Científica tuvo como resultado «logros sustanciales y permanentes, llenos de promesas de futuro», y escribía sobre «el avance de la ciencia» (Porter, «The Scientific Revolution and Universities», 1996:538, 560; compárese con

Porter, «The Scientific Revolution», 1986:302). Ya es hora de liberar el trinquete.

11. Un magnífico análisis el estado de la situación cuando empecé a trabajar en este libro lo proporciona Daston, «Science Studies and the History of Science» (2009); la diferencia entre nosotros es de énfasis, porque según mi opinión Daston subestima el grado en el que el temor al anacronismo ha debilitado la historia de la ciencia y sobreestima el grado en el que la historia de la ciencia se ha distanciado del principio de simetría. (Para un reconocimiento anterior de que la historia de la ciencia ha perdido su sentido de dirección, Secord, «Knowledge in Transit», 2004:671). Golinski, «New Preface» (2005):xi, resumió la situación inmediatamente después de las guerras de la ciencia: «Quizá el constructivismo haya perdido algo del rubor de su promesa inicial... pero todavía informa gran parte de la erudición histórica al nivel de supuestos tácitos». Golinski quizá es también típico en su opinión atolondrada de que el relativismo del programa robusto puede y debe ser usado «como una herramienta y no como una expresión de un escepticismo totalizador» y por sugerir que puede considerarse el constructivismo como «complementario a una gama de otros enfoques» (x-xi). Es cierto que los refinados defensores del programa robusto insisten en que no son relativistas cuando se dedican a su vida cotidiana, pero no sugieren que se pueda ser un relativista a tiempo parcial

cuando se estudia la ciencia como historiador o sociólogo; su relativismo no puede tomarse y dejarse como una herramienta porque es un postulado metodológico que dictamina que las cuestiones no relativistas están fuera de lugar; en este sentido, son relativistas de la cabeza a los pies. Golinski se equivoca también al sugerir que no fue hasta el estallido de las guerras de la ciencia cuando el proyecto constructivista perdió su sentido de dirección. En realidad, por la época de la inocentada de Sokal (1996), el proyecto ya tenía serios problemas. Desde fuera, se vio sometido a una crítica devastadora: Laudan, «Demystifying Underdetermination» (1990). El sentido de la crisis que se avecinaba estuvo marcado por la declaración de Bruno Latour, como miembro del grupo: «Después de años de progreso célere, los estudios sociales de la ciencia están detenidos» (Latour, «One More turn After the Social Turn», 1992:272). Lo estaban, y (a pesar de Pickering, *The Mangle of Practice*, 1995, que representa un intento importante para volver al buen camino) todavía lo están. Hace ya quince años desde que Victoria E. Bonnell y Lynn Hunt publicaron una colección de ensayos titulada *Beyond the Cultural Turn* en la que buscaban (pero no encontraron) una salida a lo que llamaban «nuestro dilema actual» (Bonnell & Hunt, «Introduction», 1999:6). ¡Ay!, todavía hay mucha gente que piensa, con Nick Wilding, que «el constructivismo social no va lo bastante lejos». Wilding sospecha que en el siglo XVII

«la práctica de la ciencia estaba tan localizada y era tan poco transferible que la idea de una norma pertenece a una Ilustración, y no al paisaje epistemológico de la época moderna temprana» (Wilding, *Galileo's Idol*, 2014:136-137). De manera inevitable, este enfoque hace que la Revolución Científica sea totalmente invisible. Implica que la afirmación de Galileo de que es imposible, desafiando a la naturaleza, transformar la falsedad en verdad, era totalmente inapropiada; que Hobbes se equivocaba al admirar a Galileo como fundador de un nuevo tipo de conocimiento; y que el sueño de Diderot representa el inicio, no el fin, del relato del nacimiento de la empresa científica. Y, desde luego, se equivoca: la transferibilidad de la nueva ciencia de Galileo está claramente demostrada por una lista de las ciudades en las que su obra se publicó en los cincuenta años posteriores a su condena en 1633: Estrasburgo (1634, 1635, 1636), Leiden (1638), París (1639, 1681), Padua (1640, 1649), Lyon (1641), Rávena (1649), Londres (1653, 1661, 1663, 1665, 1667, 1682, 1683), Bolonia (1655-1656, 1664), Ámsterdam (1682), a la que puede añadirse las obras divulgadoras de Mersenne, Danese, Wilkins y otros. Si esto es localismo, ¿qué aspecto tendría lo opuesto?

Una nota sobre fechas y citas

Doy las fechas de publicación según aparecen en la portada: el *Essay* de Locke apareció en 1689, pero la portada dice 1690; la *Logik der Forschung* de Popper apareció en el otoño de 1934, pero la portada reza 1935; los *Études* de Koyré llevan fecha de 1939 pero se publicaron en 1940. La excepción es el *Ternary of Paradoxes* de Walter Charleton; hay dos ediciones distintas que llevan la fecha de 1650, una de las cuales apareció realmente en 1649, de modo que doy 1649 como la fecha de edición con el fin de mostrar qué edición he usado.

Considero que los años empiezan el 1 de enero. La primera publicación de Newton lleva la fecha de 6 de febrero de 1671-1672: considero que es 1672.

En las citas he conservado la grafía y puntuación originales, excepto que he regularizado «u» y «v» e «í» y «j»^{ccclxxxviii}.

Una nota sobre internet

Durante la última década la empresa académica se ha visto transformada por Internet. Todos los textos de la época moderna temprana pueden encontrarse en Internet, algunos con previo pago de una suscripción (Early English Books Online, EEBO; Eighteenth Century Collections Online, ECCO), pero muchos en páginas web de acceso abierto o libre (Google Books, Gallica).

En particular, mi investigación sobre la historia de palabras se ha basado en Internet. Las fuentes clave son las siguientes: 1. Para el

inglés, el *Oxford English Dictionary*, complementado por los servicios de búsqueda en EEBO y ECCO. EEBO busca todos los títulos y, aparentemente, un 25% de los textos (pero en realidad bastante más que esto, pues muchos textos están duplicados en varias ediciones), mientras que ECCO busca (de manera muy errática) todos los textos en la base de datos (que es casi completa). También se pueden buscar diccionarios de la época moderna temprana en <http://leme.library.utoronto.ca> 2. Para el francés, la colección de diccionarios de acceso público en <http://artfl-project.uchicago.edu/contentdictionnaires-dautrefois> 3. Para el italiano, el *Vocabolario degli accademici della Crusca* (1612) en <http://vocabolario.signum.sns.it/>> 4. Para todos los idiomas, y en particular para el latín, los recursos en Google Books y otras colecciones de e-libros (como archive.org y gallica.bnf.fr). No he anotado las fechas de estas búsquedas, pero la mayor parte del libro se escribió en 2012-2014: los resultados cambiarán, naturalmente, a medida que aparezcan en línea materiales adicionales y que se revise el *OED*.

Pero esta es solo una parte de mi deuda con Internet: día tras día el cartero ha traído hasta mi puerta paquetes de libros adquiridos en rincones muy alejados del mundo. Los estudiosos del siglo XVII tenían a veces la sensación de que se ahogaban en un océano de libros. A medida que los montones de libros sobre y junto a mi mesa han ido creciendo, también yo he tenido esta sensación, pero sobre todo me he sentido como si estuviera en alta mar, sin saber dónde o

cuándo desembarcaría, pero encantado de hallarme en mi propio viaje de descubrimiento.

Agradecimientos

Este libro nació a partir de una sensación de que, en su mayor parte y con algunas excepciones honorables, los historiadores de la ciencia no estaban haciendo justicia a su tema de estudio^{ccclxxxix}. No espero que estén de acuerdo con esta evaluación de su profesión; inevitablemente, y en el mejor de los casos, les parecerá que está basada en un malentendido. No obstante, mi mayor deuda es con aquellos con los que no estoy de acuerdo. En palabras de Alexandre Koyré, «el pensamiento humano es polémico; progresa con la negación. Las nuevas verdades son enemigas de las antiguas, a las que tienen que transformar en falsedades»¹²⁴². Sin desacuerdo, a veces un desacuerdo total, no habría progreso.

Pero no he buscado ni el desacuerdo ni la novedad por sí mismos; más bien he llegado de manera lenta y relucante a una diferencia de opinión, y ello únicamente porque hay características cruciales de la ciencia y de la Revolución Científica que han sido pasadas por alto o rechazadas (o así me lo parece) en los textos que ahora pasan por sólida erudición. Como dijo Pascal cuando anunció que la naturaleza era indiferente a la existencia de un vacío, «no es sin remordimiento que abandono opiniones que se tienen de manera tan general. Solo cedo a la compulsión de la verdad. Me resistí a

¹²⁴² Koyré, *Newtonian Studies* (1965), 65.

estas nuevas ideas mientras tuve alguna razón para aferrarme a las antiguas»¹²⁴³.

Resultará aparente que mi propio desarrollo intelectual debe muchísimo a Lucien Febvre. Su *The Problem of Unbelief in the Sixteenth Century* (1942) es todavía el libro más importante sobre la transición desde las maneras de pensar medievales a las modernas; pasé la primera década de mi carrera académica atacando este libro, de modo que es un magnífico ejemplo de la compleja manera en que bregamos con nuestros antecesores que ahora me encuentre, años después, defendiéndolo¹²⁴⁴. Otro libro de la misma época que me ha proporcionado un modelo de cómo pensar es el de Bruno Snell, *The Discovery of the Mind* (1946).

Pero los libros antiguos no son mi única fuente de inspiración. He aprendido de Ian Hacking y Lorraine Daston cómo practicar la epistemología histórica; de Jim Bennett que la Revolución Científica no son muchas revoluciones sino una sola, por la simple razón de que la inspiración por todas las diferentes revoluciones que la constituyen procedió de los matemáticos; y me han estimulado en particular Larry Laudan, por «Demystifying Underdetermination» (1990), Andrew Pickering, por *The Mangle of Practice* (1995) y John Zammito, por *A Nice Derangement of Epistemes* (2004).

El capítulo 7 apareció por primera vez en público en forma de la Conferencia Emden de 2011, en el St. Edmund Hall, Oxford, y

¹²⁴³ Shea, *Designing Experiments* (2003), 116.

¹²⁴⁴ Febvre, *Le Problème de l'incroyance* (1942); Febvre, *The Problem of Unbelief* (1982); y Wootton, «Lucien Febvre and the Problem of Unbelief» (1988).

después como una conferencia interdisciplinar en la Universidad de Sheffield y como una conferencia para la York Philosophical Society. Los argumentos centrales del libro se presentaron en la Conferencia Aylmer de 2014 en la Universidad de York y en una conferencia en el Instituto de Tecnología de Illinois. Algunos argumentos, en particular de los capítulos 3 y 7, se probaron primero en ensayos de recensiones para el *Times Literary Supplement*: agradezco a mis editores las oportunidades que me han dado. También estoy en deuda con mi departamento y con los estudiantes de la Universidad de York: a mi departamento por permitirme concentrarme en la historia de la ciencia durante la última década, y a mis estudiantes por ser a la vez inteligentes y trabajadores.

Varios amigos y colegas (Jim Bennett, Sabine Clark, Michael Kubovy, Rachel Laudan, Paolo Palmieri, Klaus Vogel, Tom Welch) han leído partes del libro y han hecho críticas constructivas. Alan Chalmers, Stephen Collins, Christopher Graney, John Kekes, Alan Sokal y Sophie Weeks leyeron todo un primer borrador y me rebatieron algunas cuestiones cruciales. John Schuster ha leído, con una generosidad extraordinaria, más de un borrador, y me ha proporcionado una mezcla perfecta de ánimos y críticas. Julia Reis me ha concedido una ayuda inestimable, en particular con los textos en alemán. Un gran número de individuos me han proporcionado consejos y me han ahorrado errores: Fabio Acerbi, Adrian Aylmer, Mike Beaney, Marco Bertamini, Pete Biller, Ann Blair, Stuart Carroll, H. Floris Cohen, Stephen Clucas, Simon Ditchfield, Toby Dyke, John Elliott, Mordechai Feingold, Felipe

Fernández-Armesto, Pierre Fiala, Arthur Fine, Mary Garrison, Alfred Hiatt, Mark Jenner, Stephen Johnston, Harry Kitsikopoulos, Larry Laudan, Steven Livesey, Michael Löwy, Noel Malcolm, Saira Malik, Adam Mosley, Jamie Newell, Eileen Reeves, Chris Renwick, Stuart Reynolds, Richard Serjeantson, Alan Shapiro, Barbara Shapiro, William Shea, Mark Smith, Shelagh Sneddon, Rick Watson, Nick Wilding, Albert van Helden, David Womersley. Quiero dar las gracias en particular a Owen Gingerich y Michael Hunter, quienes leyeron el libro para los editores: un autor no puede desear mejores lectores, y me he dirigido más de una vez a ellos con diversas consultas.

El proyecto original para este libro se construyó en estrecha colaboración con mi maravilloso agente, Peter Robinson. Stuart Proffitt de Allen Lane ha proporcionado al libro la atención y el cuidado exquisitos por los que tiene justa fama: el resultado es un libro mucho mejor de lo que hubiera sido sin él. También es mucho más largo: desde el principio Proffitt quería un libro grande y, de una u otra forma, lo ha conseguido. Al mismo tiempo, tirando en la otra dirección, mi agente americano, Michael Carlisle, y mi editor americano, Bill Strachan, tenían muchas ganas de que yo acabara realmente, y al final lo he hecho. Susannah Stone ha hecho un trabajo magnífico buscando ilustraciones. Sarah Day ha sido una correctora de pruebas de ojos de lince. El índice está firmado por su autor, como tiene que serlo un índice a esta escala. He usado el procesador de textos Mellel y el programa de bibliografía Sente: no puedo alabarlos todo lo que se merecen.

Ninguna de las personas que he citado tiene responsabilidad alguna por mis errores y omisiones.

Como antes, mi idea del libro se desarrolló durante conversaciones con Matthew Patrick. Por encima de todo, estoy en deuda con Alison Mark, sin la cual nada, con la cual todo.

Theddingworth, Leicestershire, *primavera de 2015*

Bibliografía

- Abercromby, David. *Academia scientiarum: Or the Academy of Sciences*. Londres: HC for J Taylor, 1687.
- Accademia del Cimento. *Essayes of Natural Experiments*. Trad. R Waller. Londres: B Alsop, 1684.; —, *Saggi di naturali esperienze*. Florencia: G Cocchini, 1667.
- Achillini, Alessandro. *De elementis*. Bolonia: J Antonius, 1505.
- Ackerman, James S. «Art and Science in the Drawings of Leonardo da Vinci». In *Origins, Imitation, Conventions: Representation in the Visual Arts*. Cambridge, Mass: MIT Press, 2002: 143-173.; —, «Early Renaissance «Naturalism» and Scientific Illustration». In *Distance Points: Essays in Theory and Renaissance Art and Architecture*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1991: 185-210.
- Adams, Douglas. *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy: A Trilogy in Four Parts*. Londres: Heinemann, 1986. [Hay traducción española: *Guía del autoestopista galáctico*. Barcelona: Anagrama, 1983]
- Addison, Joseph y Richard Steele (eds.). *Spectator*. 8 vols. Londres: S Buckley y J Tonson, 1712-1715.
- Adelman, Janet. «Making Defect Perfection: Shakespeare and the One-sex Model». In *Enacting Gender on the English Renaissance Stage*. Ed. V Comensoli. Urbana: University of Illinois Press, 1999: 23-52.

- Adorno, Rolena. «The Discursive Encounter of Spain and America: The Authority of Eyewitness Testimony in the Writing of History». *The William and Mary Quarterly* 49 (1992): 210-228.
- Agassi, Joseph. «Who Discovered Boyle's Law?» *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 8 (1977): 189-250.
- Aggiunti, Niccolò. *Oratio de mathematicae laudibus*. Roma: Mascardus, 1627.
- Agricola, Rudolf y Joachim Vadianus. *Habes lector: hoc libello Rudolphi Agricolae iunioris Rheti, ad Joachimum Vadianum Heluctiu(m) Poeta(m) Laureatu(m), Epistolam, qua de locor(um) non nullorum obscuritate quaestio sit et percontatio*. Viena: J Singrenues, 1515.
- Aiken, Jane Andrews. «The Perspective Construction of Masaccio's "Trinity" Fresco and Medieval Astronomical Graphics». *Artibus et historiae* 16 (1995): 171-187.
- Ait-Touati, Frédérique. *Fictions of the Cosmos: Science and Literature in the Seventeenth Century*. Trad. S Emanuel. Chicago: University of Chicago Press, 2011.
- Alberti, Leon Battista. *De pictura*. Ed. C Grayson. Roma: Laterza, 1980. [Hay traducción española: *De la pintura y otros escritos sobre arte*, Madrid: Tecnos, 1999]; —, *On Painting*. Ed. M Kemp. Trad. C Grayson. Londres: Penguin, 1991.; —, *On Painting: A New Translation and Critical Edition*. Ed. R Sinisgalli. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.; —,

On Painting and on Sculpture: The Latin Texts of De pictura and De statua. Ed. C Grayson. Londres: Phaidon, 1972.

- Alder, Ken. «Making Things the Same: Representation, Tolerance and the End of the Ancien Régime in France». *Social Studies of Science* 28 (1998): 499-545.
- Alexander, Amir. «Lunar Maps and Coastal Outlines: Thomas Harriot's Mapping of the Moon». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 29 (1998): 345-368.
- Alighieri, Dante. *La Quaestio de aqua et terra*. Ed. A Müller y SP Thompson. Florencia: LS Olschki, 1905.
- Allen, James V. *Inference from Signs: Ancient Debates about the Nature of Evidence*. Oxford: Clarendon Press, 2001.
- Allen, Robert C. *The British Industrial Revolution in Global Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- Alvargonzález, David. «Is the History of Science Essentially Whiggish?» *History of Science* 51 (2013): 85-100.
- Ambrose, Charles T. «Immunology's First Priority Dispute – An Account of the 17th-century Rudbeck—Bartholin Feud». *Cellular Immunology* 242 (2006): 1-8.
- Andrade, EN da C. «The Early History of the Vacuum Pump». *Endeavour* 16 (1957): 29-35.
- Anónimo. «An Accompt of Some Books». *Philosophical Transactions* 10 (1675): 505-514.; —, «Account of Books». *Philosophical Transactions* 19 (1697): 475-484.; —, «An Advertisement Concerning the Invention of the Transfusion of Bloud». *Philosophical Transactions* 2 (1666): 489-490.

- Anstey, Peter R. «Experimental versus Speculative Natural Philosophy». In *The Science of Nature in the Seventeenth Century*. Ed. P Anstey y J Schuster. Berlín: Springer, 2005: 215-242.; —, «The Methodological Origins of Newton's Queries». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 35 (2004): 247-269.
- Antinori, Vincenzo. «Notizie storiche». In *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del cimento*. Florencia: Tip. Galileiana, 1841: 1-133.
- Applebaum, W. *Encyclopedia of the Scientific Revolution: From Copernicus to Newton*. Nueva York: Garland, 2000.
- Ariew, Roger. «The Duhem Thesis». *British Journal for the Philosophy of Science* 35 (1984): 313-325.; —, «The Initial Response to Galileo's Lunar Observations». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 32 (2001): 571-581.; —, «The Phases of Venus before 1610». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 18 (1987): 81-92.
- Aristóteles. *On the Heavens*. Ed. WKC Guthrie. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1939. [Hay traducción española: *Acerca del cielo*. Madrid: Gredos, 1996]
- Arnauld, Antoine. *Première Lettre apologétique de Monsieur Arnauld Docteur de Sorbonne*. [S.l.]: [s.n.], 1656.
- Arnauld, Antoine y Pierre Nicole. *La Logique, ou l'art de penser*. París: Flammarion, 1970. [Hay traducción española: *La lógica, o el arte de pensar*. Madrid: Alfaguara, 1987]; —, *Response au P. Annat, provincial des Jésuites, touchant les cinq propositions*

attribuées à M. l'Evesque d'Ipre, divisée en deux parties. [s.l.]: [s.n.], 1654.

- Arnheim, R. «Brunelleschi's Peepshow». *Zeitschrift für Kunstgeschichte* 41 (1978): 57-60.
- Ash, Eric H. «"A Perfect and an Absolute Work" – Expertise, Authority and the Rebuilding of Dover Harbor, 1579-1583». *Technology and Culture* 41 (2000): 239-268.
- Ashby, Eric. *Technology and the Academics: An Essay on Universities and the Scientific Revolution*. Londres: Macmillan, 1958.
- Ashworth Jr, William B. «Natural History and the Emblematic World View». In *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Ed. DC Lindberg y RS Westman. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 303-332.
- Atkinson, Catherine. *Inventing Inventors in Renaissance Europe: Polydore Vergil's De inventoribus rerum*. Tubinga: Mohr Siebeck, 2007.
- Auger, Léon. *Un savant méconnu, Gilles Personne de Roberval, 1602-1675; son activité intellectuelle dans les domaines mathématique, physique, mécanique et philosophique*. París: A Blanchard, 1962.
- Augst, Bertrand. «Descartes's Compendium on Music». *Journal of the History of Ideas* 26 (1965): 119-132.
- Aurelio, Marco. *The Meditations of the Emperor Marcus Aurelius*. Ed. ASL Farquharson. Oxford: Clarendon Press, 1968.

- Austin, John Langshaw. *How to Do Things with Words*. Oxford: Clarendon Press, 1962. [Hay traducción española: *Palabras y acciones. Cómo hacer cosas con palabras*. Buenos Aires: Paidós, 1971]
- Bacchelli, Franco. «Palingenio e la crisi dell'aristotelismo». In *Sciences et religions: De Copernic à Galilée*. Roma: École Française de Rome, 1999.
- Bachelard, Gaston. *The Formation of the Scientific Mind: A Contribution to a Psychoanalysis of Objective Knowledge*. Trad. M McAllester-Jones. Manchester: Clinamen Press, 2002.; —, *La Formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. París: J. Vrin, 1938. [Hay traducción española: *La formación del espíritu científico*. México DF: Siglo XXI, 1982]; —, *The New Scientific Spirit*. Boston: Beacon Press, 1985.; —, *Le Nouvel Esprit scientifique*. París: Librairie Félix Alcan, 1934.
- Bacon, Francis. *The Essayes or Counsels, Civill and Morall*. Londres: J Haviland, 1625.; —, *Instauratio magna*. Londres: J Bill, 1620.; —, *The Novum organum... Epitomiz'd*. Trad. MD. Londres: T Lee, 1676. [Hay traducción española: *La gran restauración (Novum organum)*. Madrid: Tecnos, 2001]; —, *Of the Proficiencie and Aduancement of Learning, Divine and Humane*. Londres: H Tomes, 1605.; —, *Sylva sylvarum, or A Naturall Historie*. Londres: W Lee, 1627.; —, *Works*. Ed. J Spedding, RL Ellis y DD Heath. 14 vols. Londres: Longman 1857-1874.

- Bailey, Nathan. *An Universal Etymological English Dictionary*. Londres: E Bell, 1721.
- Baillet, Adrien. *La Vie de Monsieur Des-Cartes*. 2 vols. París: D Horthemels, 1691.
- Bailyn, Bernard. *The Ideological Origins of the American Revolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1967. [Hay traducción española: *Los orígenes ideológicos de la revolución norteamericana*. Madrid: Tecnos, 2012]
- Baker, Keith Michael. *Inventing the French Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Balbiani, Laura. *La magia naturalis di Giovan Battista della Porta*. Berna: Lang, 2001.
- Baldasso, Renzo. «The Role of Visual Representation in the Scientific Revolution: A Historiographic Inquiry». *Centaurus* 48 (2006): 69-88.
- Ball, Philip. *Curiosity: How Science became Interested in Everything*. Londres: Bodley Head, 2012.
- Baltrusaitis, Jurgis. *Anamorphoses, ou Perspectives curieuses*. París: O Perrin, 1955.
- Bamford, Greg. «Popper and His Commentators on the Discovery of Neptune: A Close Shave for the Law of Gravitation?» *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 27 (1996): 207-232.
- Bannister, Saxe. *Denis Papin: Notice sur sa vie et ses écrits*. Blois: F Jahyer, 1847.

- Barber, William H. «The Genesis of Voltaire's "Micromégas"». *French Studies* 11 (1957): 1-15.
- Barbette, Paul. *The Chirurgical and Anatomical Works... Composed according to the Doctrine of the Circulation of the Blood, and Other New Inventions of the Moderns*. Londres: J Darby, 1672.
- Barker, Graeme. *The Agricultural Revolution in Prehistory: Why Did Foragers become Farmers?* Oxford: Oxford University Press, 2006.
- Barker, Peter. «Copernicus and the Critics of Ptolemy». *Journal for the History of Astronomy* 30 (1999): 343-358.; —, «Copernicus, the Orbs and the Equant». *Synthèse* 83 (1990): 317-323.
- Barker, Peter y Bernard R Goldstein. «The Role of Comets in the Copernican Revolution». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 19: 299-319 (1988).
- Barnes, Barry. *T. S. Kuhn and Social Science*. Londres: Macmillan, 1982. [Hay traducción española: *T. S. Kuhn y las ciencias sociales*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1986]
- Barnes, Barry y David Bloor. «Relativism, Rationalism and the Sociology of Knowledge». In *Rationality and Relativism*. Ed. M Hollis y S Lukes. Oxford: Blackwell, 1982: 21-47.
- Barnhart, Clarence Lewis. *The American College Dictionary*. Nueva York: Random House, 1959.

- Baron, Sabrina, Eric Lindqvist y Eleanor Shevlin (eds.). *Agent of Change: Print Culture Studies after Elizabeth L. Einstein*. Amherst, Mass.: University of Massachusetts Press, 2007.
- Barozzi, Francesco. *Cosmographia in quatuor libros distributa summo ordine*. Venecia: G Perchacinus, 1585.
- Barthes, Roland. «Le Discours de l'histoire». *Social Science Information* 6 (1967): 63-75.; —, «The Reality Effect». In *The Rustle of Language*. Trad. R Howard. Oxford: Blackwell, 1986: 141-148.
- Bartholin, Caspar. *Anatomicae institutiones corporis humani utriusque sexus historiam*. Wittenberg: Raab, 1611.
- Bartholin, Caspar, Thomas Bartholin y Johannes Walaeus. *Institutiones anatomicae, novis recentiorum opinionibus & observationibus, quarum innumerae hactenus editae non sunt*. Leiden: Hackius, 1641.
- Bartholin, Thomas. *The Anatomical History of Thomas Bartholinus, Doctor and Kings Professor, Concerning the Lacteal Veins of the Thorax, Observ'd by Him Lately in Man and Beast*. Londres: O Pulleyn, 1653.
- Bartholin, Thomas, Johannes Walaeus y otros. *Bartholinus Anatomy: Made from the Precepts of His Father, and from the Observations of All Modern Anatomists*. Londres: P Cole, 1662.
- Bartlett, Robert. *Trial by Fire and Water: The Medieval Judicial Ordeal*. Oxford: Oxford University Press, 1986.

- Barton, Ruth. «“Men of Science”: Language, Identity and Professionalization in the Mid-Victorian Scientific Community». *History of Science* 41 (2003): 73-119.
- Bataillon, Marcel. «L'idée de la découverte de l'Amérique chez les Espagnols du XVIe siècle (d'après un livre récent)». *Bulletin hispanique* 55 (1953): 23-55.
- Bates, William. *The Divinity of the Christian Religion*. Londres: JD, 1677.
- Baxandall, Michael. *Painting and Experience in Fifteenth-century Italy*. Oxford: Oxford University Press, 1972.
- Baxter, Richard. *A Paraphrase on the New Testament*. Londres: B Simmons, 1685.; —, *A Treatise of Knowledge and Love Compared*. Londres: T Parkhurst, 1689.
- Bayle, Pierre (ed.). *Nouvelles de la république des lettres*. Amsterdam: Desbordes, 1684-1709.; —, *Projet et fragments d'un dictionnaire critique*. Rotterdam: R Leers, 1692.
- Bayly, Christopher. *The Birth of the Modern World: Global Connections and Comparisons*. Oxford: Blackwell, 2007. [Hay traducción española: *El nacimiento del mundo moderno: 1780-1914. Conexiones y comparacions globales*. Madrid: Siglo XXI, 2010]
- Bechler, Zev. «Newton's 1672 Optical Controversies: A Study in the Grammar of Scientific Dissent». In *The Interaction between Science and Philosophy*. Ed. Y Elkana. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, 1974: 115-142.

- Bedini, Silvio A. *The Pulse of Time: Galileo Galilei, the Determination of Longitude, and the Pendulum Clock*. Florencia: LS Olschki, 1991.; —, «The Role of Automata in the History of Technology». *Technology and Culture* 5 (1964): 24-42.
- Beeckman, Isaac. *Journal tenu par Isaac Beeckman de 1604 à 1634*. Ed. C de Waard. 4 vols. La Haya: M Nijhoff, 1939-1953.
- Belting, Hans. *Florence and Baghdad: Renaissance Art and Arab Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2011.
- Benedetti, Giovanni Battista. *Consideratione di Gio. Battista Benedetti, filosofo del Sereniss. S. Duca di Sauoia, intorno al Discorso della grandezza della terra, & dell'acqua, del Excellent. Sig. Antonio Berga, filosofo nella Vniuersità di Torino*. Turín: Bevilacqua, 1579.; —, *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber*. Turín: N Bevilacqua, 1585.
- Benjamin, Walter. *Illuminations*. Ed. Hannah Arendt. Nueva York: Schocken Books, 1986. [Hay traducción española: *Iluminaciones*. Madrid: Taurus, 1971-1975]
- Bennett, James A. *The Divided Circle: A History of Instruments for Astronomy, Navigation and Surveying*. Oxford: Phaidon, 1987.; —, «The Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy». *History of Science* 24 (1986): 1-28.
- Bentley, Michael. *The Life and Thought of Herbert Butterfield*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

- Bentley, Richard. *The Correspondence*. Ed. JH Monk, C Wordsworth y J Wordsworth. Londres: J Murray, 1842.; —, *The Folly and Unreasonableness of Atheism*. Londres: H Mortlock, 1692.; —, *Remarks upon a Late Discourse of Free-Thinking: In a Letter to F. H.D.D. By Phileleutherus Lipsiensis*. Londres: J Morphew, 1713.
- Benveniste, Émile. *Problèmes de Linguistique Générale II*. París: Gallimard, 1974. [Hay traducción española: *Problemas de lingüística general*. México DF: Siglo XXI, 1970]
- Berga, Antonio. *Discorso di Antonio Berga della grandezza dell'acqua & della terra contra l'opinione dil S. Alessandro Piccolomini*. Turín: Bevilacqua, 1579.
- Berga, Antonio y Giovanni Battista Benedetti. *Disputatio de magnitudine terræ et aquæ (contra Alex. Piccolomineum conscripta)*. Trad. FM Vialardi. Turín: IB Raterius, 1580.
- Berkel, Klaas van. *Isaac Beeckman on Matter and Motion: Mechanical Philosophy in the Making*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013.
- Bertamini, Marco y Theodore E Parks. «On What People Know about Images on Mirrors». *Cognition* 98 (2005): 85-104.
- Bertoloni Meli, Domenico. «The Collaboration between Anatomists and Mathematicians in the Mid-seventeenth Century». *Early Science and Medicine* 13 (2008): 665-709.; —, *Equivalence and Priority: Newton versus Leibniz*. Oxford: Oxford University Press, 1993.; —, «Experimentation in the Physical Sciences of the Seventeenth Century». In *The Oxford Handbook*

of the History of Physics. Ed. JZ Buchwald y R Fox. Oxford: Oxford University Press, 2013: 199-225.; —, *Mechanism, Experiment, Disease: Marcello Malpighi and Seventeenth-century Anatomy*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2011.; —, «The Role of Numerical Tables in Galileo and Mersenne». *Perspectives on Science* 12 (2004): 164-189.; —, *Thinking with Objects: The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006.

- Besse, Jean-Marc. *Les Grandeurs de la terre: Aspects du savoir géographique à la Renaissance*. Lyon: ENS Éditions, 2003.
- Beyer, Hartmann. *Qvaestiones novae in libellum de sphaera Joannis de Sacro Bosco*. París: G Cauellat, 1551.
- Biagioli, Mario. «Did Galileo Copy the Telescope? A "New" Letter by Paolo Sarpi». In *The Origins of the Telescope*. Ed. A van Helden, S Dupré, R van Gent y H Zuidervaart. Amsterdam: KNAW Press, 2010: 203-230.; —, «From Ciphers to Confidentiality: Secrecy, Openness and Priority in Science». *British Journal for the History of Science* 45 (2012): 213-233.; — (ed.). *The Science Studies Reader*. Nueva York: Routledge, 1999.; —, «Scientific Revolution, Social Bricolage and Etiquette». In *The Scientific Revolution in National Context*. Ed. R Porter y M Teich. Cambridge: Cambridge University Press, 1992: 11-54.; —, «The Social Status of Italian Mathematicians, 1450-1600». *History of Science* 27 (1989): 41-95.

- Biggs, Noah. *Mataeotechnia medicinae praxeos: The Vanity of the Craft of Physick*. Londres: E Blackmore, 1651.
- Biller, Peter. *The Measure of Multitude: Population in Medieval Thought*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- de Bils, Lodewijk. *The Copsy of a Certain Large Act... Touching the Skill of a Better Way of Anatomy of Mans Body*. Londres: [s.n.], 1659.
- Biro, Jacqueline. *On Earth as in Heaven: Cosmography and the Shape of the Earth from Copernicus to Descartes*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr Müller, 2009.
- Blackwell, Richard J. *Behind the Scenes at Galileo's Trial*. Indiana: University of Notre Dame Press, 2006.
- Blair, Ann. *Annotations in a copy of Jean Bodin, «Universae naturae theatrum»*. Frankfurt: Wechel, 1597. 1990.
- [http://history.fas.harvard.edu/files/history/files/blair—theaterofnature.pdf](http://history.fas.harvard.edu/files/history/files/blair-theaterofnature.pdf).; —, «Annotating and Indexing Natural Philosophy». In *Books and the Sciences in History*. Ed. M Frasca-Spada y N Jardine. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 69-89.
- Blake, Ralph M, Curt J Ducasse y Edward H Madden. *Theories of Scientific Method: The Renaissance through the Nineteenth Century*. Seattle: University of Washington Press, 1960.
- Bloor, David. «Anti-Latour». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 30 (1999): 81-112.; —, *Knowledge and Social Imagery*. 2.^a ed. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1991. [Hay traducción española: *Conocimiento e imaginario social*.

Barcelona: Gedisa, 1998]; —, *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge*. Londres: Macmillan, 1983.; —, «Wittgenstein and Mannheim on the Sociology of Mathematics». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 4 (1973): 173-191.

- Blundeville, Thomas. *A Briefe Description of Universal Mappes and Cardes, and of Their Use: And Also the Use of Ptholemey His Tables*. Londres: T Cadman, 1589.
- Boas, Marie. «The Establishment of the Mechanical Philosophy». *Osiris* 10 (1952): 412-541.
- Boas Hall, Marie. *Nature and Nature's Laws: Documents of the Scientific Revolution*. Londres: Macmillan, 1970.; —, *Promoting Experimental Learning: Experiment and the Royal Society 1660-1727*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- Bodin, Jean. *Le Théâtre de la nature universelle*. Trad. F de Fougerolles. Lyon: J Pillehotte, 1597.; —, *Universæ naturæ theatrum in quo rerum omnium effectrices causæ & fines quinque libris discutiuntur*. Lyon: I Roussin, 1596.
- Bodnár, István. «Aristotle's Natural Philosophy». *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2012.
- <http://plato.stanford.edu/archives/spr2012/entries/> / (consultado 14 diciembre 2014).
- Boffito, Giuseppe. *Intorno alla «Quaestio de aqua et terra» attribuita a Dante*. Turín: C Clausen, 1902.
- Bogen, James y James Woodward. «Saving the Phenomena». *Philosophical Review* 97 (1988): 303-352.

- Boghossian, Paul Artin. *Fear of Knowledge: Against Relativism and Constructivism*. Oxford: Clarendon Press, 2006. [Hay traducción española: *El Miedo al conocimiento : contra el relativismo y el constructivisme*. Madrid: Alianza editorial, 2009]
- Bonnell, Victoria E y Lynn Hunt. «Introduction». In *Beyond the Cultural Turn: New Directions in the Study of Society and Culture*. Ed. VE Bonnell y L Hunt. Berkeley: University of California Press, 1999: 1-32.
- Bono, Mario Di. «L'astronomia Copernicana nell'opera di Giovan Battista Benedetti». In *Cultura, scienze e tecniche nella Venezia del Cinquecento: Atti del convegno internazionale di studio Giovan Battista Benedetti e il suo tempo*. Venecia: Istituto veneto di scienze, lettere e d'arti, 1987: 288-300.
- Boodt, Anselm Boèce de. *Gemmarum et lapidum historia*. Hanover: C Marnius, 1609.
- Borel, Pierre. *A New Treatise Proving a Multiplicity of Worlds*. Trad. D Sashott. Londres: J Streater, 1658.
- Borges, Jorge Luis. *Other Inquisitions, 1937-1952*. Austin: University of Texas Press, 1964. [Original español: *Otras inquisiciones*. Barcelona: Destino, 2007]; —, *The Total Library: Non-Fiction 1922-1986*. Ed. E Weinberger. Trad. E Allen y SJ Levine. Londres: Penguin, 2001.
- Borough, William. *A Discours of the Variation of the Cumpas, or Magneticall Needle*. R Ballard: Londres, 1581.

- Boschiero, Luciano. «Translation, Experimentation and the Spring of the Air: Richard Waller's "Essayes of Natural Experiments"». *Notes and Records of the Royal Society* (2009)
- Bossuet, Jacques. *Quakerism A-la-Mode, Or A History of Quietism, Particularly That of the Lord Arch-Bishop of Cambray and Madam Guyone*. Londres: J Harris, 1698.
- Bossy, John. *Giordano Bruno and the Embassy Affair*. New Haven: Yale University Press, 1991. [Hay traducción española: *Giordano Bruno y el caso de la embajada*. Madrid: Anaya y Mario Muchnik, 1994]; —, *Under the Molehill: An Elizabethan Spy Story*. New Haven: Yale University Press, 2001.
- Bostridge, Ian. *Witchcraft and Its Transformations, c.1650—c. 1750*. Oxford: Clarendon Press, 1997.
- Botero, Giovanni. *On the Causes of the Greatness and Magnificence of Cities, 1588*. Trad. G Symcox. Toronto: University of Toronto Press, 2012. [Hay traducción española: *Diez libros de la razon de estado: con tres libros de las causas de la grandeza y magnificencia de las ciudades*. Barcelona: layme Cendrad, 1599]
- Bourdieu, Pierre. *Science of Science and Reflexivity*. Trad. R Nice. Chicago: University of Chicago Press, 2004. [Hay traducción española: *El oficio de científico. Ciencia de la ciencia y reflexividad*. Barcelona: Anagrama, 2003]
- Bourne, William. *A Regiment for the Sea*. Londres: T Hackett, 1574. Boyer, Carl B. «Aristotelian References to the Law of Reflection». *Isis* 36 (1946): 92-5.; —, «Early Estimates of the

Velocity of Light». *Isis* 33 (1941): 24-40.; —, *The Rainbow from Myth to Mathematics*. Nueva York: T Yoseloff, 1959.

- Boyle, Robert. *Certain Physiological Essays and Other Tracts*. Londres: H Herringman, 1669.; —, *Certain Physiological Essays Written at Distant Times, and on Several Occasions*. Londres: H Herringman, 1661.; —, *The Christian Virtuoso Shewing, that by being Addicted to Experimental Philosophy, a Man is Rather Assisted, than Indisposed, to be a Good Christian*. Londres: J Taylor, 1690.; —, *A Continuation of New Experiments Physico-mechanical*. Oxford: R Davis, 1682.; —, *The Correspondence of Robert Boyle, 1636-1691*. Ed. MCW Hunter, A Clericuzio y L Principe. 6 vols. Londres: Pickering & Chatto, 2001.; —, *A Defence of the Doctrine Touching the Spring and Weight of the Air*. Londres: FG, 1662.; —, *Experimenta et observationes physicæ: Wherein are Briefly Treated of Several Subjects Relating to Natural Philosophy in an Experimental Way*. Londres: J Taylor, 1691.; —, *Experimentorum novorum physico-mechanicorum continuatio secunda*. Ginebra: S de Tournes, 1680.; —, *Experiments and Considerations Touching Colours*. Londres: H Herringman, 1664.; —, *A Free Enquiry into the Vulgarly Receiv'd Notion of Nature*. Londres: J Taylor, 1686.; —, *Hydrostatical Paradoxes*. Oxford: R Davis, 1666.; —, *New Experiments Physico-Mechanical, Touching the Spring of the Air*. Oxford: H. Hall, 1660.; —, *Nouveau traité*. Lyon: J Certe, 1689.; —, *Occasional Reflections upon Several Subjects*. Londres: H Herringman, 1665.; —, *The Origine of Formes and Qualities*.

Oxford: R Davis, 1666.; —, *Some Considerations Touching the Usefulness of Experimental Naturall Philosophy*. Oxford: R Davis, 1663.; —, «Tryals Proposed by Mr Boyle to Dr Lower, to be Made by Him, for the Improvement of Transfusing Blood out of One Live Animal into Another». *Philosophical Transactions* 1 (1667): 385-388.; —, *The Works of Robert Boyle*. Ed. M Hunter y EB Davis. 14 vols. Londres: Pickering & Chatto, 1999-2000.

- Brading, Katherine. «The Development of the Concept of Hypothesis from Copernicus to Boyle and Newton». *Revista de Filozofie KRISIS* 8 (1999): 5-16.
- Brahe, Tycho. *Sur des phénomènes plus récents du monde éthéré, livre second*. Trad. J Peyroux. París: A Blanchard, 1984.
- Brannigan, Augustine. *The Social Basis of Scientific Discoveries*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- Broman, Thomas. «The Habermasian Public Sphere and "Science in the Enlightenment"». *History of Science* 36 (1998): 123-150.
- Brook, Timothy. *Vermeer's Hat: The Seventeenth Century and the Dawn of the Global World*. Londres: Profile, 2008.
- Brotton, Jerry. *A History of the World in Twelve Maps*. Londres: Allen Lane, 2012. [Hay traducción española: *Historia del mundo en doce mapas*. Barcelona: Debate, 2014]
- Broughton, Peter. «The First Predicted Return of Comet Halley». *Journal for the History of Astronomy* 16 (1985): 123-132.
- Brown, Alison. *The Return of Lucretius to Renaissance Florence*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2010.

- Brown, Gary I. «The Evolution of the Term “Mixed Mathematics”». *Journal of the History of Ideas* 52 (1991): 81-102.
- Brown, James Robert. *Who Rules in Science? An Opinionated Guide to the Wars*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2001.
- Brown, Lloyd A. *Jean Domenique Cassini and His World Map of 1696*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1941.
- Brown, Piers. «*Hac ex consilio meo via progredieris*: Courtly Reading and Secretarial Mediation in Donne’s “The Courtier’s Library”». *Renaissance Quarterly* 61 (2008): 833-866.
- Browne, Thomas. *Pseudodoxia epidemica, or Enquiries into Very Many Received Tenents, and Commonly Presumed Truths*. Londres: E Dod, 1646.; —, *Pseudodoxia epidemica: Or, Enquiries into Very Many Received Tenents and Commonly Presumed Truths*. Londres: N Ekins, 1672.
- Brummelen, Glen van. *The Mathematics of the Heavens and the Earth: The Early History of Trigonometry*. Princeton: Princeton University Press, 2009.
- Bruno, Giordano. *The Ash Wednesday Supper = La Cena de le Ceneri*. Ed. EA Gosselin y LS Lerner. Toronto: University of Toronto Press, 1995. [Hay traducción española: *La cena de las cenizas*. Madrid: Tecnos, 2015]
- Bruyn, Frans De. «The Classical Silva and the Generic Development of Scientific Writing in Seventeenth-century England». *New Literary History* 32 (2001): 347-373.

- Bucciandini, Massimo, Michele Camerota and Franco Giudice. *Galileo's Telescope: A European Story*. Cambridge Mass.: Harvard University Press, 2015.
- Buchwald, Jed Z. «Descartes' Experimental Journey Past the Prism and through the Invisible World to the Rainbow». *Annals of Science* 65 (2008): 1-46.
- Buchwald, Jed Z y Mordechai Feingold. *Newton and the Origin of Civilization*. Princeton: Princeton University Press, 2013.
- Buringh, Eltjo y Jan Luiten van Zanden. «Charting the "Rise of the West": Manuscripts and Printed Books in Europe, a Long-term Perspective from the Sixth through Eighteenth Centuries». *Journal of Economic History* 69 (2009): 409-445.
- Burkert, Walter. *Lore and Science in Ancient Pythagoreanism*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1972.
- Burns, William E. *An Age of Wonders: Prodigies, Politics and Providence in England, 1657-1727*. Manchester: Manchester University Press, 2002.; —, «"Our Lot is Fallen into an Age of Wonders": John Spencer and the Controversy Over Prodigies in the Early Restoration». *Albion* 27 (1995): 237-252.
- Burtt, Edwin A. *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science: A Historical and Critical Essay*. Londres: Routledge, 1924. [Hay traducción española: *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*. Buenos Aires: Sudamericana, 1960]
- Bury, John Bagnell. *The Idea of Progress: An Inquiry into Its Origin and Growth*. Londres: Macmillan, 1920.

- Butterfield, Herbert. *The Origins of Modern Science, 1300-1800*. Londres: Bell, 1950. [Hay traducción española: *Los orígenes de la ciencia moderna*. Madrid: Taurus, 1982]; —, *The Whig Interpretation of History*. Londres: Bell, 1931.
- Byrne, James Steven. «A Humanist History of Mathematics? Regiomontanus's Padua Oration in Context». *Journal of the History of Ideas* 67 (2006): 41-61.
- Calcagnini, Celio. *Opera aliquot*. Basilea: H Frobenius, 1544.
- Callon, Michel. «Boîtes noires et opérations de traduction». *Économie et humanisme* 262 (1981): 53-59.
- Camerota, Filippo. *La prospettiva del Rinascimento: arte, architettura, scienza*. Milán: Electa, 2006.
- Camerota, Michele. «Galileo, Lucrezio e l'atomismo». In *Lucrezio, la natura, la scienza*. Ed. F Beretta y F Citti. Florencia: LS Olschki, 2008: 141-175.
- Campbell, Mary Baine. «Speedy Messengers: Fiction, Cryptography, Space Travel and Francis Godwin's "The Man in the Moone"». *Yearbook of English Studies* 41 (2011): 190-204.; —, *Wonder and Science: Imagining Worlds in Early Modern Europe*. Ithaca: Cornell University Press, 1999.
- Caraci Luzzana, Ilaria. *Amerigo Vespuccio*. Nuova Raccolta Colombiana. Roma: Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, 1999.
- Cardano, Gerolamo. *De subtilitate libri XXI*. Basilea: L Lucius, 1554.

- Carpenter, Audrey T. *John Theophilus Desaguliers*. Londres: Continuum, 2011.
- Carpenter, Nathanael. *Geographie Delineated Forth in Two Bookes, Containing the Spherical and Topicall Parts Thereof*. Oxford: J Lichfield, 1635.; —, *Philosophia libera, triplici exercitationum decade proposita: In qua, adversus huius temporis philosophos, dogmata quædam nova discutiuntur*. Oxford: J Lichfield, 1622.
- Carpo, Mario. *Architecture in the Age of Printing*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2001. [Hay traducción española: *La Arquitectura en la era de la imprenta*. Madrid: Cátedra, 2003]
- Carroll, Patrick. *Science, Culture and Modern State Formation*. Berkeley: University of California Press, 2006.
- Cassin, Barbara, Steven Rendall y Emily S Apter (eds.). *Dictionary of Untranslatables: A Philosophical Lexicon*. Princeton: Princeton University Press, 2014.
- Caus, Salomon De. *Les Raisons des forces mouvantes*. Fráncfort: J Norton, 1615.
- Cavendish, Margaret. *The Description of a New World, Called the Blazing-World*. Londres: A Maxwell, 1666.
- Céard, Jean. *La Nature et les prodiges: L'Insolite au XVIe siècle*. Ginebra: Droz, 1996.
- Cesari, Anna Maria. *Il trattato della sfera di Andalò di Negro nelle Zibaldone del Boccaccio*. Milán: AM Cesari, 1982.
- Cesi, Bernardo. *Mineralogia, sive, Naturalis philosophiæ thesauri*. Lovaina: J & P Prost, 1636.

- Chalmers, Alan. «Intermediate Causes and Explanations: The Key to Understanding the Scientific Revolution». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 43 (2012): 551-562.; —, «Klein on the Origin of the Concept of Chemical Compound». *Foundations of Chemistry* 14 (2012): 37-53.; —, «The Lack of Excellency of Boyle's Mechanical Philosophy». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 24 (1993): 541-564.; —, «Qualitative Novelty in Seventeenth-century Science: Hydrostatics from Stevin to Pascal». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 51 (2015): 1-10.; —, *The Scientist's Atom and the Philosopher's Stone. How Science Succeeded and Philosophy Failed to Gain Knowledge of Atoms*. Dordrecht: Springer, 2009.; —, «Understanding Science through Its History: A Response to Newman». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 42 (2011): 150-153.
- Chang, Hasok. *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*. Oxford: Oxford University Press, 2004.; —, *Is Water H₂O?: Evidence, Pluralism and Realism*. Dordrecht: Springer, 2012.
- Chapman, Allan. «Tycho Brahe in China: The Jesuit Mission to Peking and the Iconography of European Instrument-making Processes». *Annals of Science* 41 (1984): 417-443.; —, «A World in the Moon – Wilkins and His Lunar Voyage of 1640». *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 32 (1991): 121.

- Charleton, Walter. *The Darknes of Atheism Dispelled by the Light of Nature. A Physico-Theologicall Treatise*. Londres: W Lee, 1652.; —, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana, or A Fabrick of Science Natural upon the Hypothesis of Atoms*. Londres: T Heath, 1654.
- Chartier, Roger. *The Cultural Origins of the French Revolution*. Durham, NC: Duke University Press, 1991.
- Châtelet, Émilie du. *Selected Philosophical and Scientific Writings*. Ed. JP Zinsser. Chicago: University of Chicago Press, 2009.
- Chesne, Joseph du. *The Practise of Chymicall, and Hermeticall Physicke*. Trad. T Timme. Londres: T Creede, 1605.
- Child, William. *Wittgenstein*. Londres: Routledge, 2011.
- Christianson, John Robert. *On Tycho's Island: Tycho Brahe, Science and Culture in the Sixteenth Century*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- Christie, Thony. «Nobody Invented the Scientific Method». 29 de agosto de 2012. <http://thonyc.wordpress.com/2012/08/29/nobody-invented-the-scientific-method/> (consultado el 10 de diciembre de 2014).
- Cicerón, Marco Tulio. *De natura deorum: Academica*. Ed. H Rackham. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1933. [Hay traducción española: *Sobre la naturaleza de los dioses*. Madrid: Aguilar, 1970]
- Cieslak-Golonka, Maria y Bruno Morten. «The Women Scientists of Bologna». *American Scientist* 88 (2000): 68-73.

- Ciliberto, Michele y Nicholas Mann (eds.). *Giordano Bruno, 1583-1585: The English Experience*. Florencia: LS Olschki, 1997.
- Cipolla, Carlo M. *Clocks and Culture, 1300-1700*. Londres: Collins, 1967.; —, *European Culture and Overseas Expansion*. Harmondsworth: Penguin, 1970.
- Clagett, Marshall. «The Impact of Archimedes on Medieval Science». *Isis* 50 (1959): 419-429.; —, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. Madison: University of Wisconsin Press, 1959.
- Clark, Kathleen M y Clemency Montelle. «Priority, Parallel Discovery, and Pre-eminence: Napier, Bürgi and the Early History of the Logarithm Relation». *Revue d'histoire des mathématiques* 18 (2012): 223-270.
- Clark, Stuart. *Thinking with Demons: The Idea of Witchcraft in Early Modern Europe*. Oxford: Clarendon Press, 1997.
- Clarke, Desmond M. *Descartes: A Biography*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.; —, *Descartes' Philosophy of Science*. Manchester: Manchester University Press, 1982. [Hay traducción española: *La filosofía de la ciencia de Descartes*. Madrid: Alianza editorial, 1986]; —, *Occult Powers and Hypotheses: Cartesian Natural Philosophy under Louis XIV*. Oxford: Clarendon Press, 1989.
- Clavius, Christoph. *In sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius, nunc tertio ab ipso auctore recognitus*. Roma: D

Basa, 1585.; —, *Opera mathematica*. 5 vols. Maguncia: Hierat, 1611-1612.

- Clubb, Louise George. *Giambattista della Porta, Dramatist*. Princeton: Princeton University Press, 1965.
- Clutton-Brock, Martin. «Copernicus's Path to His Cosmology: An Attempted Reconstruction». *Journal for the History of Astronomy* 36 (2005): 197-216.
- Cobb, Matthew. *Generation: The Seventeenth-century Scientists who Unravelled the Secrets of Sex, Life and Growth*. Nueva York: Bloomsbury, 2006.
- Cobban, Alfred. *The Social Interpretation of the French Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1964. [Hay traducción española: *La interpretación social de la Revolución Francesa*. Madrid: Narcea, 1971]
- Cohen, H Floris. *How Modern Science Came into the World: Four Civilizations, One 17th-century Breakthrough*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2010.; —, «Inside Newcomen's Fire Engine: The Scientific Revolution and the Rise of the Modern World». *History of Technology* 25 (2004): 111-132.; —, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.
- Cohen, I Bernard. *The Birth of a New Physics*. Nueva York: Norton, 1987. [Hay traducción española: *El nacimiento de una nueva física*. Buenos Aires: EUDEBA, 1961]; —, «The Eighteenth-century Origins of the Concept of Scientific Revolution». *Journal of the History of Ideas* 37 (1976): 257-

288.; —, «The First English Version of Newton's *Hypotheses non fingo*». *Isis* 53 (1962): 379-388.; —, «Hypotheses in Newton's Philosophy». *Physis* 8 (1966): 163-183.; —, «*Quantum in se est*: Newton's Concept of Inertia in Relation to Descartes and Lucretius». *Notes and Records of the Royal Society of London* 19 (1964): 131-155.; —, «Roemer and the First Determination of the Velocity of Light (1676)». *Isis* 31 (1940): 327-379.

- Collingwood, Robin George. *An Autobiography*. Londres: Oxford University Press, 1939. [Hay traducción española: *Autobiografía*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1953]; —, *The Idea of Nature*. Oxford: Clarendon Press, 1945. [Hay traducción española: *Idea de la naturaleza*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1950]
- Collins, Harry M. *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. Londres: Sage, 1985.; —, «Introduction: Stages in the Empirical Programme of Relativism». *Social Studies of Science* 11 (1981): 3-10.; —, «Son of Seven Sexes: The Social Destruction of a Physical Phenomenon». *Social Studies of Science* 11 (1981): 33-62.; —, «Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire». *Social Studies of Science* 31 (2001): 71-85.; —, «The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks». *Social Studies of Science* 4 (1974): 165-185.

- Collinson, Patrick. «The Monarchical Republic of Queen Elizabeth I». *Bulletin of the John Rylands University Library of Manchester* 69 (1987): 394-424.
- Colón, Hernando. *The Life of the Admiral Christopher Columbus*. Ed. B Keen. New Brunswick: Rutgers University Press, 1992. [Original espanyol: *Historia del Almirante*. Barcelona: Ariel, 2003]
- Colón, Cristóbal. *The Four Voyages*. Trad. JM Cohen. Harmondsworth: Penguin, 1969. [Original español: *Los cuatro viajes del almirante y su testamento*. Madrid: Espasa-Calpe, 2006]; —, *The Journal of Christopher Columbus (During His First Voyage, 1492-1493)*. Ed. CR Markham. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. [Original español: *Diario de a bordo*. Barcelona: Gallach, 1992]
- Conant, James. «On Wittgenstein's Philosophy of Mathematics». *Proceedings of the Aristotelian Society* 97 (1997): 195-222.
- Conant, James Bryant. *Robert Boyle's Experiments in Pneumatics*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1950.
- Condorcet, Marquis de. *Outlines of an Historical View of the Progress of the Human Mind... Translated from the French*. Londres: J Johnson, 1795.
- Considine, John. *Dictionaries in Early Modern Europe: Lexicography and the Making of Heritage*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

- Constantini, Angelo. *La Vie de Scaramouche*. París: C Barbin, 1695.
- Cook, MG. «Divine Artifice and Natural Mechanism: Robert Boyle's Mechanical Philosophy of Nature». *Osiris* 16 (2001): 133-150.
- Cooper, Alix. *Inventing the Indigenous: Local Knowledge and Natural History in Early Modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- Copenhaver, Brian P. «The Historiography of Discovery in the Renaissance: The Sources and Composition of Polydore Vergil's *De inventoribus rerum*, I—III». *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 41 (1978): 192-214.
- Copernicus, Nicolaus. *De revolutionibus orbium coelestium*. Núremberg: J Petreius, 1543. [Hay traducción española: *Sobre las revoluciones (de los orbes celestes)*. Madrid: Tecnos, 2009]; —, *On the Revolutions*. Ed. J Dobrzycki. Trad. E Rosen. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978.
- Cosgrove, Denis E. «Images of Renaissance Cosmography». In *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Ed. D Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 2007: 55-98.
- Costabel, Pierre. «Sur l'origine de la science classique». *Revue philosophique de la France et de l'étranger* 137 (1947): 208-221.
- Cowell, John. *The Interpreter, or Booke Containing the Signification of Words*. Cambridge: J Legate, 1607.

- Crafts, N. «Explaining the First Industrial Revolution: Two Views». *European Review of Economic History* 15 (2011): 153-168.
- Crazz, F Edward. *Reorientations of Western Thought from Antiquity to the Renaissance*. Ed. NS Struever. Aldershot: Ashgate, 2006.
- Crease, Robert P. *World in the Balance: The Historic Quest for an Absolute System of Measurement*. Nueva York: WW Norton, 2011.
- Cressy, David. «Early Modern Space Travel and the English Man in the Moon». *The American Historical Review* 111 (2006): 961-982.
- Croft, Herbert. *Some Animadversions upon a Book Intituled, the Theory of the Earth*. Londres: C Harper, 1685.
- Croll, Oswald, Georg Eberhard Hartmann y Johann Hartmann. *Bazilica Chymica, & Praxis Chymiatricae, or Royal and Practical Chymistry in Three Treatises*. Londres: J Starkey, 1670.
- Crombie, Alistair Cameron. «Grosseteste's Position in the History of Science». In *Robert Grosseteste, Scholar and Bishop*. Ed. DA Callus. Oxford: Clarendon Press, 1955: 98-120.; —, «Philosophical Presuppositions and Shifting Interpretations of Galileo». In *Theory Change, Ancient Axiomatics and Galileo's Methodology*. Ed. J Hintikka, D Gruender y E Agazzi. Dordrecht: Reidel, 1980: 271-286.; —, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*. Oxford: Oxford University Press, 1953.; —, *Scientific Change*. Nueva York:

- Basic Books, 1963.; —, *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition*. 3 vols. Londres: Duckworth, 1994.
- Culverwell, Nathaniel. *An Elegant and Learned Discourse of the Light of Nature: With Other Treatises*. Londres: J Rothwell, 1652.
 - Cunningham, Andrew. *The Anatomical Renaissance: The Resurrection of the Anatomical Projects of the Ancients*. Aldershot: Ashgate, 1997.; —, «Getting the Game Right: Some Plain Words on the Identity and Invention of Science». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 19 (1988): 365-389.; —, «How the *Principia* Got Its Name, or Taking Natural Philosophy Seriously». *History of Science* 29 (1991): 377-392.; —, «The Identity of Natural Philosophy: A Response to Edward Grant». *Early Science and Medicine* 5 (2000): 259-278.
 - Cunningham, Andrew y Perry Williams. «De-centring the "Big Picture": "The Origins of Modern Science" and the Modern Origins of Science». *British Journal for the History of Science* 26 (1993): 407-432.
 - Cuomo, Serafina. «Shooting by the Book: Notes on Niccolò Tartaglia's *Nova scientia*». *History of Science* 35 (1997): 155-188.
 - Cyrano de Bergerac, Hercule-Savinien de. *The Comical History of the States and Empires of the Worlds of the Moon and Sun*. Londres: H Rhodes, 1687. [Hay traducción española: *Viaje a los estados e imperios de la luna y el sol*. Barcelona: Fontamara, 1981]; —, *Les États et empires de la lune et du*

soleil, avec le fragment de physique. Ed. M Alcover. París: H Champion, 2004. [Hay traducción española: *El otro mundo*. Madrid: Aguilar, 1968]

- Dalché, Patrick Gautier. «The Reception of Ptolemy's Geography». In *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Ed. D Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 2007: 285-364.
- Daneau, Lambert. *Physique françoise, comprenant... le discours des choses naturelles, tant célestes que terrestres, selon que les philosophes les ont descrites*. Ginebra: E Vignon, 1581.
- Darmon, Jean-Charles. *Le Songe libertin: Cyrano de Bergerac d'un monde à l'autre*. París: Klincksieck, 2004.
- Dary, Michael. *The General Doctrine of Equation Reduced into Brief Precepts: In III Chapters. Derived from the Works of the Best Modern Analysts*. Londres: N Brook, 1664.
- Daston, Lorraine J. «Baconian Facts, Academic Civility and the Prehistory of Objectivity». In *Rethinking Objectivity*. Ed. A Megill. Durham, NC: Duke University Press, 1994: 37-63.; —, *Classical Probability in the Enlightenment*. Princeton: Princeton University Press, 1988.; —, «The Cold Light of Facts and the Facts of Cold Light: Luminescence and the Transformation of the Scientific Fact, 1600-1750». In *Signs of the Early Modern II*. Ed. DL Rubin. Charlottesville, VA: Rookwood Press, 1997: 17-45.; —, «Curiosity in Early Modern Science». *Word and Image* 11 (1995): 391-404.; —, «The Factual Sensibility». *Isis* 79 (1988): 452-467.; —, «Historical Epistemology». In *Questions of*

Evidence: Proof, Practice and Persuasion across the Disciplines. Ed. J Chandler, Al Davidson y H Harootunian. Chicago: University of Chicago Press, 1994: 282-289.; —, «The History of Emergences: The Emergence of Probability». *Isis* 98: 801-808 (2007).; —, «History of Science in an Elegiac Mode: E. A. Burt's *Metaphysical Foundations of Modern Physical Science Revisited*». *Isis* 82 (1991): 522-531.; —, «The Ideal and Reality of the Republic of Letters in the Enlightenment». *Science in Context* 4 (1991): 367-386.; —, «The Language of Strange Facts in Early Modern Science». In *Inscribing Science: Scientific Texts and the Materiality of Communication*. Ed. T Lenoir. Stanford: Stanford University Press, 1997: 20-38.; —, «Marvelous Facts and Miraculous Evidence in Early-Modern Europe». *Critical Inquiry* 18 (1991): 93-124.; —, «Perché i fatti sono brevi?». *Quaderni storici* 36 (2001): 745-770.; —, «Science Studies and the History of Science». *Critical Inquiry* 35 (2009): 798-813.; —, «Strange Facts, Plain Facts and the Texture of Scientific Experience in the Enlightenment». In *Proof and Persuasion: Essays on Authority, Objectivity and Evidence*. Ed. S Marchand y E Lunbeck. Turnhout: Brepols, 1996: 42-59.

- Daston, Lorraine J y Peter Galison (eds.). *Objectivity*. Nueva York: Zone Books, 2007.
- Daston, Lorraine J y Elizabeth Lunbeck (eds.). *Histories of Scientific Observation*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.

- Daston, Lorraine J y Katharine Park. *Wonders and the Order of Nature, 1150-1750*. Nueva York: Zone Books, 1998.
- David, Paul A. «Clio and the Economics of QWERTY». *American Economic Review* 75 (1985): 332-337.
- Davies, Richard. *Memoirs of the Life and Character of Dr Nicholas Saunderson: Late Lucasian Professor of the Mathematics in the University of Cambridge*. Cambridge: Cambridge University Press, 1741.
- Dear, Peter. *Discipline and Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.; —, «The Meanings of Experience». In *The Cambridge History of Science*. Vol. 3: *Early Modern Science*. Ed. K Park y LJ Daston. Cambridge: Cambridge University Press, 2006: 106-131.; —, «Religion, Science and Natural Philosophy: Thoughts on Cunningham's Thesis». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 32 (2001): 377-386.; —, *Revolutionizing the Sciences: European Knowledge and Its Ambitions, 1500-1700*. Princeton: Princeton University Press, 2001. [Hay traducción española: *La Revolución de las ciencias. El conocimiento europeo y sus expectativas: 1500-1700*. Madrid: Marcial Pons, 2007]; —, «Totius in verba: Rhetoric and Authority in the Early Royal Society». *Isis* 76 (1985): 144-161.
- Dee, John. *General and Rare Memorials Pertayning to the Perfect Arte of Navigation*. Londres: J Daye, 1577.
- Della Porta, Giambattista. *De i miracoli et maravigliosi effetti dalla natura prodotti libri IV*. Venecia: L Avanzi, 1560.; —, *De*

telescopio. Florencia: LS Olschki, 1962.; —, *La Magie naturelle en quatre livres*. Lyon: A Olier, 1678.; —, *Natural Magick in Twenty Books...: Wherein are Set Forth All the Riches and Delights of the Natural Sciences*. Londres: T Young, 1658.

- Denton, Peter H. *The ABC of Armageddon: Bertrand Russell on Science, Religion and the Next War, 1919-1938*. Albany, NY: State University of New York Press, 2001.
- Desaguliers, John Theophilus. *A Course of Experimental Philosophy*. 2 vols. Londres: Senex, 1734-1744.
- Descartes, René. *A Discourse of a Method for the Well Guiding of Reason, and the Discovery of Truth in the Sciences*. Londres: T Newcombe, 1649. [Hay traducción española: *El discurso del método*. Barcelona: Edicomunicación, 1998]; —, *Excellent Compendium of Musick with Necessary and Judicious Animadversions Thereupon*. Londres: T. Harper, 1653. [Hay traducción española: *Compendio de música*. Madrid: Tecnos, 1992]; —, *Oeuvres philosophiques*. Ed. F Alquié. 3 vols. París: Garnier, 1963-1973.; —, *The Philosophical Writings of Descartes*. Ed. J Cottingham, D Murdoch y R Stoothoff. 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.; —, *Les Principes de la philosophie*. París: T Girard, 1668. [Hay traducción española: *Los principios de la filosofía*. Madrid: Alianza editorial, 1995]; —, *Principia philosophiæ*. Amsterdam: Elzevir, 1644.
- Deutscher, Guy. *Through the Language Glass: Why the World Looks Different in Other Languages*. Londres: William

Heinemann, 2010. [Hay traducción española: El prisma del lenguaje. Cómo las palabras colorean el mundo. Barcelona: Ariel, 2011]

- Devlin, Keith J. *The Man of Numbers: Fibonacci's Arithmetic Revolution*. Nueva York: Walker, 2011.
- Devreese, J T y Guido Vanden Berghe. «*Magic is No Magic*»: *The Wonderful World of Simon Stevin*. Southampton: WIT, 2008.
- Dewey, John. *German Philosophy and Politics*. Nueva York: H Holt, 1915.
- Dickinson, Henry Winram. *A Short History of the Steam Engine*. Londres: F Cass, 1963.; —, *Sir Samuel Morland: Diplomat and Inventor, 1625-1695*. Cambridge: Heffer, 1970.
- Diderot, Denis. *Les Bijoux indiscrets*. 2 vols. [n.l.]: Au Monomotapa, 1748. [Hay traducción española: *Los dijes indiscretos*. Madrid: Peralta, 1978]; —, *The Indiscreet Jewels*. Nueva York: Marsilio, 1993.
- Digby, Kenelm. *A Late Discourse Made in a Solemne Assembly of Nobles and Learned Men at Montpellier in France*. Londres: R Lownes, 1658.; —, *Two Treatises... in Way of Discovery of the Immortality of Reasonable Soules*. París: G Blaizot, 1644.
- Digges, Leonard y Thomas Digges. *A Prognostication Everlasting*. Londres: T Marshe, 1576.
- Digges, Thomas. *Alae seu scalae mathematicae*. Londres: T Marsh, 1573.
- Dijksterhuis, Eduard Jan. *The Mechanization of the World Picture*. Oxford: Clarendon Press, 1961.; —, *Simon Stevin*:

Science in the Netherlands around 1600. The Hague: M Nijhoff, 1970.

- Dobbs, Betty Jo Teeter. *The Foundations of Newton's Alchemy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.; —, «Newton as Final Cause and First Mover». In *Rethinking the Scientific Revolution*. Ed. M Osler. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 25-39.
- Dodds, E R. *The Ancient Concept of Progress and Other Essays on Greek Literature and Belief*. Oxford: Clarendon Press, 1973.
- Donahue, William H. *The Dissolution of the Celestial Spheres*. Nueva York: Arno Press, 1981.
- Donne, John. *Devotions upon Emergent Occasions*. Londres: T Jones, 1624.; —, *The Epithalamions, Anniversaries and Epicedes*. Ed. W Milgate. Oxford: Clarendon Press, 1978.
- Drabkin, Israel Edward y Stillman Drake (eds.). *Mechanics in Sixteenth-century Italy*. Madison: University of Wisconsin Press, 1969.
- Drake, Stillman. *Cause, Experiment and Science: A Galilean Dialogue Incorporating a New English Translation of Galileo's «Bodies that Stay Atop Water, or Move in It»*. Chicago: University of Chicago Press, 1981.
- Drayton, Michael. *Poly-Olbion*. Londres: M Lownes, 1612.
- Dreyer, John Louis Emil. *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler*. Cambridge: Cambridge University Press, 1906.

- Dryden, John. *Of Dramatic Poesie: An Essay*. Londres: H Herringman, 1668.
- Ducheyne, Steffen. «The Status of Theory and Hypotheses». In *The Oxford Handbook of British Philosophy in the Seventeenth Century*. Ed. PR Anstey. Oxford: Oxford University Press, 2013: 169-191.
- Ducoux, François Joseph. *Notice sur Denis Papin, inventeur des machines et des bateaux à vapeur*. Blois: H Morard, 1854.
- Duhem, Pierre. «Un précurseur français de Copernic: Nicole Oresme (1377)». *Revue générale des sciences pures et appliquées* 20 (1909): 866-873.; —, «Le Principe de Pascal: Essai historique». *Revue générale des sciences pures et appliquées* 16 (1905): 599-610.; —, *Le Système du monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. 10 vols. Vol. 9: *La Physique Parisienne au XIVe siècle*. París: Hermann, 1958.; —, *Le Système du monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. 10 vols. Vol. 10: *La Cosmologie du XVe siècle*. París: Hermann, 1959.; —, *To Save the Phenomena: An Essay on the Idea of Physical Theory from Plato to Galileo*. Chicago: University of Chicago Press, 1969.
- Dunn, Jane. *Read My Heart: Dorothy Osborne and Sir William Temple*. Londres: Harper, 2008.
- Dunn, John. *Modern Revolutions: An Introduction to the Analysis of a Political Phenomenon*. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.

- Dupleix, Scipion. *La Physique ou science naturelle, divisée en 8 livres*. París: Veuve D Salis, 1603.
- Eagleton, Catherine. «Medieval Sundials and Manuscript Sources: The Transmission of Information about the Navicula and the *Organum Ptolomei* in Fifteenth-century Europe». In *Transmitting Knowledge: Words, Images and Instruments in Early Modern Europe*. Ed. S Kusakawa e I Maclean. Oxford: Oxford University Press, 2006: 41-71.
- Eamon, William. *Science and the Secrets of Nature: Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture*. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- Eastwood, Bruce S. «Grosseteste's "Quantitative" Law of Refraction: A Chapter in the History of Non-experimental Science». *Journal of the History of Ideas* 28 (1967): 403-414.; —, «Medieval Empiricism: The Case of Grosseteste's Optics». *Speculum* 43 (1968): 306-321.; —, «On the Continuity of Western Science from the Middle Ages: A. C. Crombie's Augustine to Galileo». *Isis* 83 (1992): 84-99.; —, «Robert Grosseteste's Theory of the Rainbow». *Archives internationales d'histoire des sciences* 19 (1966): 313-332.
- Edgerton, Samuel Y. *The Heritage of Giotto's Geometry: Art and Science on the Eve of the Scientific Revolution*. Ithaca: Cornell University Press, 1991.; —, *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective*. Nueva York: Basic Books, 1975.
- Eisenstein, Elizabeth L. *The Printing Press as an Agent of Change*. 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.

[Hay traducción española: *La imprenta como agente de cambio. Comunicación y transformaciones culturales en la Europa moderna temprana*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 2010]; —, *The Printing Revolution in Early Modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. [Hay traducción española: *La revolución de la imprenta en la edad moderna europea*. Madrid: Akal, 1994]; —, «An Unacknowledged Revolution Revisited». *The American Historical Review* 107 (2002): 87-105.

- Elia, Pasquale M d'. *Galileo in China: Relations through the Roman College between Galileo and the Jesuit Scientist-Missionaries (1610-1640)*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1960.
- Elias, A C. *Swift at Moor Park: Problems in Biography and Criticism*. Filadelfia: University of Pennsylvania Press, 1982.
- Elton, Geoffrey Rudolph. «Herbert Butterfield and the Study of History». *Historical Journal* 27 (1984): 729-743.; —, «A High Road to Civil War?» In *Studies in Tudor and Stuart Politics and Government*. 4 vols. Vol. 2: *Parliament and Political Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1974: 164-182.
- Empson, William. *Essays on Renaissance Literature*. Ed. J Haffenden. 2 vols. Vol. 1: *Donne and the New Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- Erasmus, Desiderius. *Ye Dyaloge Called Funus*. Londres: R Copland, 1534.

- Ernouf, Alfred-Auguste. *Denis Papin: Sa vie et son oeuvre (1647-1714)*. París: Hachette, 1883.
- Estienne, Henri. *The Frankfurt Book Fair*. Ed. JW Thompson. Chicago: Caxton Club, 1911.
- Evelyn, John. *The Diary*. Ed. ES de Beer. 6 vols. Vol. 1. Oxford: Clarendon Press, 1955.
- Farr, James. «The Way of Hypotheses: Locke on Method». *Journal of the History of Ideas* (1987) 51-72.
- Fattori, Marta. «La diffusione di Francis Bacon nel libertinismo francese». *Rivista di storia della filosofia* 2 (2002): 225-242.
- Favaro, Antonio. «Libreria di Galileo Galilei». *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche* 19 (1886): 219-293.
- Febvre, Lucien. «De l'à peu près à la précision en passant par oui-dire». *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations* 5 (1950): 25-31.; —, *The Problem of Unbelief in the Sixteenth Century: The Religion of Rabelais*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.; —, *Le Problème de l'incroyance au XVIe siècle: La Religion de Rabelais*. París: A Michel, 1942. [Hay traducción española: *El Problema de la incredulidad en el siglo XVI. La religión de Rabelais*. México: UTEHA, 1959]
- Feingold, Mordechai. «Giordano Bruno in England, Revisited». *Huntington Library Quarterly* 67 (2004): 329-346.; —, *Jesuit Science and the Republic of Letters*. Cambridge Mass.: MIT Press, 2002.; —, *The Newtonian Moment: Isaac Newton and the*

- Making of Modern Culture*. Nueva York: Oxford University Press, 2004.; —, «When Facts Matter». *Isis* 87 (1996): 131-139.
- Fernel, Jean. *On the Hidden Causes of Things: Forms, Souls and Occult Diseases in Renaissance Medicine*. Ed. J Henry y JM Forrester. Leiden: Brill, 2005.; —, *Therapeutice, seu medendi ratio*. Venecia: P Bosellus, 1555.
 - Ferrand, Jacques. *Erotomania, or A Treatise Discoursing of the Essence, Causes, Symptomes, Prognosticks and Cure of Love or Erotic Melancholy*. Oxford: Printed for Edward Forrest, 1645.
 - Feyerabend, Paul K. «Against Method». In *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*. Ed. M Radner y S Winokur. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1970: 17-130.; —, *Against Method*. Nueva York: Schocken, 1975. [Hay traducción española: *Contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. Barcelona: Ariel, 1974]; —, «Classical Empiricism». In *The Methodological Heritage of Newton*. Ed. RE Butts y JW Davis. Oxford: Blackwell, 1970: 150-170.; —, *Farewell to Reason*. Londres: Verso, 1987. [Hay traducción española: *Adiós a la razón*. Madrid: Tecnos, 1984]; —, *Science in a Free Society*. Londres: NLB, 1978. [Hay traducción española: *La ciencia en una sociedad libre*. Madrid: Siglo XXI, 1982]
 - Field, Judith Veronica. *The Invention of Infinity: Mathematics and Art in the Renaissance*. Oxford: Oxford University Press, 1997.

- Figuiet, Louis. *Exposition et histoire des principales découvertes scientifiques modernes*. 3 vols. Vol. 3. París: Langlois & Leclerq, 1851-1852.
- Filarete, Antonio Averlino detto il. *Trattato di architettura*. Milan: Il Polifilo, 1972.
- Findlen, Paula. «A Forgotten Newtonian: Women and Science in the Italian Provinces». In *The Sciences in Enlightened Europe*. Ed. W Clark, J Golinski y S Schaffer. Chicago: University of Chicago Press, 1999: 313-349.; —, «Natural History». In *The Cambridge History of Science*. Vol. 3. Ed. K Park y L Daston. Cambridge: Cambridge University Press, 2008: 435-468.
- Finlay, R. «China, the West and World History in Joseph Needham's *Science and Civilisation in China*». *Journal of World History* 11 (2000): 265-303.
- Finley, Moses I. «Aristotle and Economic Analysis». *Past and Present* 47 (1970): 3-25.
- Finn, Bernard S. «Laplace and the Speed of Sound». *Isis* 55 (1964): 7-19.
- Finocchiaro, Maurice A. *The Galileo Affair: A Documentary History*. Berkeley: University of California, 1989.; —, *Retrying Galileo, 1633-1992*. Berkeley: University of California Press, 2007.
- Fish, Stanley. «Professor Sokal's Bad Joke». *The New York Times*, 1996.
- Fleck, Ludwik. *Genesis and Development of a Scientific Fact*. Ed. TJ Trewn y RK Merton. Chicago: University of Chicago

- Press, 1979. [Hay traducción española: *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza editorial: 1986]
- Fleming, Donald. «Latent Heat and the Invention of the Watt Engine». *Isis* 43 (1952): 3-5.
 - Fleming, Fergus. *Barrow's Boys*. Londres: Granta Books, 1998.
 - Fleming, James Dougal (ed.). *The Invention of Discovery, 1500-1700*. Burlington, VT: Ashgate, 2011.
 - Fletcher, John Edward y Elizabeth Fletcher. *A Study of the Life and Works of Athanasius Kircher*. Leiden: Brill, 2011.
 - Fontenelle, Bernard le Bovier de. *Entretiens sur la pluralité des mondes. Digression sur les anciens et les modernes*. Ed. R Shackleton. Oxford: Clarendon Press, 1955. [Hay traducción española: *Conversaciones sobre la pluralidad de los mundos*. Madrid: Editora Nacional, 1983]
 - Foucault, Michel. *L'archéologie du savoir*. París: Gallimard, 1969. [Hay traducción española: *La arqueología del saber*. México DF: Siglo XXI, 1988]; —, *Dits et écrits*. Ed. D Defert, F Ewald y J Lagrange. 2 vols. París: Gallimard, 2001.
 - Fowles, Grant R. *Introduction to Modern Optics*. Nueva York: Dover Publications, 1989.
 - Fox, Robert (ed.). *Thomas Harriot: An Elizabethan Man of Science*. Aldershot: Ashgate, 2000.
 - Fraassen, Bas C van. *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press, 1980.

- Franklin, James. *The Science of Conjecture: Evidence and Probability before Pascal*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001.
- Freedberg, David. «Art, Science and the Case of the Urban Bee». In *Picturing Science, Producing Art*. Ed. CA Jones, P Galison y AE Slaton. Nueva York: Routledge, 1998: 272-296.
- Frisch, Andrea. *The Invention of the Eyewitness: Witnessing and Testimony in Early Modern France*. Chapel Hill: University of North Carolina Press, 2004.
- Froidmont, Libert. *Meteorologicorum libri sex*. Antwerp: Moretus, 1627.
- Funkenstein, Amos. *Theology and the Scientific Imagination from the Middle Ages to the Seventeenth Century*. Princeton: Princeton University Press, 1986.
- Galilei, Galileo. *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems, Ptolemaic and Copernican*. Trad. S Drake. Berkeley: University of California Press, 1967. [Hay traducción española: *Diálogo sobre los sistemas máximos*. Madrid: Aguilar, 1975]; —, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuoue scienze attenenti alla meccanica e i mouimenti locali*. Leiden: Elsevier, 1638.; —, *The Essential Galileo*. Ed. MA Finocchiaro. Indianápolis: Hackett, 2008.; —, *Le opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale*. Ed. A Favaro. 20 vols. Florencia: Barberà, 1890-1909.

- Galilei, Galileo y Christoph Scheiner. *On Sunspots*. Ed. E Reeves y AV van Helden. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
- Galilei, Vincenzo. *Dialogue on Ancient and Modern Music*. Ed. CV Palisca. New Haven: Yale University Press, 2003.
- Galloway, Elijah y Luke Hebert. *History and Progress of the Steam Engine with a Practical Investigation of Its Structure and Application*. Londres: T Kelly, 1836.
- Galloway, Robert L. *The Steam Engine and Its Inventors*. Londres: Macmillan, 1881.
- Galluzzi, Paolo. *The Art of Invention: Leonardo and Renaissance Engineers*. Florencia: Giunti, 1999.
- Galton, Francis. *English Men of Science, Their Nature and Nurture*. Londres: Macmillan, 1874.
- Garber, Daniel. «On the Frontlines of the Scientific Revolution: How Mersenne Learned to Love Galileo». *Perspectives on Science* 12 (2004): 135-163.
- Garzoni, Leonardo. *Trattati della calamità*. Ed. M Ugaglia. Milán: FrancoAngeli, 2005.
- Gascoigne, John. «Crossing the Pillars of Hercules: Francis Bacon, the Scientific Revolution and the New World». In *Science in the Age of Baroque*. Ed. O Gal y R Chen-Morris. Dordrecht: Springer, 2012: 217-237.; —, «A Reappraisal of the Role of the Universities in the Scientific Revolution». In *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Ed. D Lindberg y R

Westman. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 207-260.

- Gassendi, Pierre. *Animadversiones in decimum librum Diogenis Laertii*. Lyon: Barbier, 1649.; —, *Opera omnia*. 6 vols. Florencia: J Cajetan, 1727.
- Gatti, Hilary. «Bruno and the Gilbert Circle». In *Giordano Bruno and Renaissance Science*. Ithaca: Cornell University Press, 1999: 86-98.; —, *Essays on Giordano Bruno*. Princeton: Princeton University Press, 2011. Gaukroger, Stephen. *Descartes: An Intellectual Biography*. Oxford: Clarendon Press, 1995.; —, *The Emergence of a Scientific Culture: Science and the Shaping of Modernity 1210-1685*. Oxford: Clarendon Press, 2006.
- Gaulke, Karsten. «Die Papin—Savery-Kontroverse». In *Denis Papin: Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*. Ed. F Tönsmann y H Schneider. Kassel: Euregio, 2009: 105-122.
- Gaurico, Luca, Prosdocimus y otros. *Sphaerae tractatus*. Venecia: Ginuta, 1531.
- Geertz, Clifford. *Local Knowledge: Further Essays in Interpretive Anthropology*. Nueva York: Basic Books, 1983. [Hay traducción española: *Conocimiento local. Ensayos sobre la interpretación de las culturas*. Barcelona: Paidós, 1994]
- Geis, Gilbert e Ivan Bunn. *A Trial of Witches: A Seventeenth-century Witchcraft Prosecution*. Londres: Routledge, 1997.

- Gellner, Ernest. «Concepts and Society». In *Rationality*. Ed. B Wilson. Oxford: Blackwell, 1970: 18-49.; —, *Relativism and the Social Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- Gerbino, Anthony y Stephen Johnston. *Compass and Rule: Architecture as Mathematical Practice in England, 1500-1750*. New Haven: Yale University Press, 2009.
- Gerland, Ernst. «Das sogenannte Dampfschiff Papin's». *Zeitschrift des Vereins für Hessische Geschichte und Landeskunde* 18 (1880): 221-227.
- Gerson, Jean. *Opera*. Basilea: N Kesler, 1489.; —, *Opera omnia*. 5 vols. Amberes: Societas, 1706.
- Gerth, Jerome. «Der Dampfkochtopf = Digestor—Eine Erzählung». In *Denis Papin und die Eisenhütte Veckerhagen*. Reinhardshagen: Gemeindevorstand Reinhardshagen, 1987: 2-14.
- Gibbon, Nicholas. *A Summe or Body of Divinitie Real. Stating Ye Fundamentall, in Modell, for Ye Evidencing & Fixing the Dogmaticall Truths after Ye Way of Demonstration*. Londres: [n.p.], 1651.
- Gigerenzer, Gerd, Zeno Swijtink y otros. *The Empire of Chance: How Probability Changed Science and Everyday Life*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Gilbert, Creighton. «When Did a Man in the Renaissance Grow Old?» *Studies in the Renaissance* 14 (1967): 7-32.

- Gilbert, Felix. *Machiavelli and Guicciardini: Politics and History in Sixteenth-century Florence*. Princeton: Princeton University Press, 1965.
- Gilbert, William. *De magnete*. Trad. P Fleury Mottelay. Nueva York: Dover, 1951.; —, *De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure: Physiologia nova*. Londres: P Short, 1600.; —, *De mundo nostro sublunari philosophia nova*. Amsterdam: Elzevir, 1651.; —, *On the Magnet, Magnetick Bodies Also, and on the Great Magnet of the Earth: A New Physiology*. Trad. SP Thompson. Londres: Chiswick Press, 1900.
- Gimpel, Jean. *The Medieval Machine: The Industrial Revolution of the Middle Ages*. Nueva York: Holt, Rinehart and Winston, 1976. [Hay traducción española: *La Revolución industrial en la Edad Media*. Madrid: Taurus, 1982]
- Gingerich, Owen. *An Annotated Census of Copernicus' «De revolutionibus» (Nuremberg, 1543 and Basel, 1566)*. Leiden: Brill, 2002.; —, *The Book Nobody Read: Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus*. Londres: Penguin, 2005.; —, «Circles of the Gods: Copernicus, Kepler and the Ellipse». *Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences* 47 (1994): 15-27.; —, «Did Copernicus Owe a Debt to Aristarchus?» *Journal for the History of Astronomy* 16 (1985): 37-42.; —, «From Copernicus to Kepler: Heliocentrism as Model and as Reality». *Proceedings of the American Philosophical Society* 117 (1973): 513-522.; —, «Johannes

Kepler». In *The General History of Astronomy*. 4 vols. 2A: *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics*. Ed. R Taton y C Wilson. Cambridge: Cambridge University Press, 1989: 54-78.; —, «Sacrobosco as a Textbook». *Journal for the History of Astronomy* 19 (1988): 269-273.; —, «Sacrobosco Illustrated». In *Between Demonstration and Imagination: Essays in the History of Science and Philosophy Presented to John D. North*. Ed. AJ Vanderjagt y L Nauta. Leiden: Brill, 1999: 211-224.; —, «Tycho Brahe and the Nova of 1572». In *1604-2004: Supernovae as Cosmological Lighthouses*. Ed. M Turatto, S Benetti, L Zampieri y W Shea. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2005: 3-12.

- Gingerich, Owen y Albert van Helden. «From Occhiale to Printed Page: The Making of Galileo's *Sidereus nuncius*». *Journal for the History of Astronomy* 34 (2003): 251-267.
- Gingerich, Owen y JR Voelkel. «Tycho Brahe's Copernican Campaign». *Journal for the History of Astronomy* 29 (1998): 1-34.
- Gingerich, Owen y Robert S Westman. «The Wittich Connection: Conflict and Priority in Late-sixteenth-century Cosmology». *Transactions of the American Philosophical Society* 78 (1988): 1-148.
- Ginsburg, Jekuthiel. «On the Early History of the Decimal Point». *American Mathematical Monthly* 35 (1928): 347-349.

- Ginzburg, Carlo. *Myths, Emblems, Clues*. Londres: Hutchinson Radius, 1990. [Hay traducción española: *Mitos, emblemas e indicios. Morfología e historia*. Barcelona: Gedisa, 2008]
- Glanvill, Joseph. *Plus ultra, or The Progress and Advancement of Knowledge since the Days of Aristotle*. Londres: J Collins, 1668.; —, *Saducismus triumphatus, or Full and Plain Evidence Concerning Witches and Apparitions*. Londres: J Collins, 1681.; —, *The Vanity of Dogmatizing*. Londres: H Eversden, 1661.
- Gleeson-White, Jane. *Double Entry: How the Merchants of Venice Shaped the Modern World*. Crows Nest, NSW: Allen & Unwin, 2011.
- Goddu, André. «Reflections on the Origin of Copernicus's Cosmology». *Journal for the History of Astronomy* 37 (2006): 37-53.
- Godwin, Francis. *The Man in the Moone*. Ed. W Poole. Peterborough, Ont.: Broadview Press, 2009.
- Goldberg, Jonathan. «Speculations: Macbeth and Source». In *Shakespeare Reproduced: The Text in History and Ideology*. Londres, 1987: 242-264.
- Goldie, Mark. «The Context of the Foundations». In *Rethinking the Foundations of Modern Political Thought*. Ed. A Brett, J Tully y H Hamilton-Bleakley. Cambridge: Cambridge University Press, 2006: 3-19.
- Goldstein, Bernard R. «Theory and Observation in Medieval Astronomy». *Isis* 63 (1972): 39-47.

- Goldstein, Bernard R y Giora Hon. «Kepler's Move from Orbs to Orbits: Documenting a Revolutionary Scientific Concept». *Perspectives on Science* 13 (2005): 74-111.
- Goldstein, Thomas. «The Renaissance Concept of the Earth in Its Influence upon Copernicus». *Terræ incognitæ* 4 (1972): 19-51.
- Golinski, Jan. «New Preface». In *Making Natural Knowledge: Constructivism and the History of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 2005: vii—xv.
- Gombrich, Ernst Hans. *Art and Illusion*. Londres: Phaidon, 1960. [Hay traducción española: *Arte e ilusión. Estudio sobre la psicología de la representación pictórica*. Madrid: Debate, 1998]
- Goulding, Robert. «Henry Savile and the Tyconic World-system». *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 58 (1995): 152-179.
- Grafton, Anthony. *The Footnote: A Curious History*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1997.; —, «Review: The Importance of Being Printed». *Journal of Interdisciplinary History* 11 (1980): 265-286.
- Grafton, Anthony, April Shelford and Nancy G Siraisi. *New Worlds, Ancient Texts: The Power of Tradition and the Shock of Discovery*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1992.
- Granada, Miguel A. «Aristotle, Copernicus, Bruno: Centrality, the Principle of Movement and the Extension of the Universe». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 35 (2004): 91-114.; —, «Bruno, Digges, Palingenio: Omogeneità ed

eterogeneità nella concezione dell'universo infinito». *Rivista di storia della filosofia* 47 (1992): 47-73.

- Granada, Miguel A, Adam Mosley y Nicholas Jardine. *Christoph Rothmann's Discourse on the Comet of 1585: An Edition and Translation with Accompanying Essays*. Leiden: Brill, 2014.
- Graney, Christopher M. «Anatomy of a Fall: Giovanni Battista Riccioli and the Story of G». *Physics Today* 65 (2012): 36-40.; —, «Science Rather than God: Riccioli's Review of the Case For and Against the Copernican Hypothesis». *Journal for the History of Astronomy* 43 (2012): 215-226.; —, *Setting Aside All Authority: Giovanni Battista Riccioli and the Science against Copernicus in the Age of Galileo*. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 2015.; —, «The Work of the Best and Greatest Artist: A Forgotten Story of Religion, Science and Stars in the Copernican Revolution». *Logos: A Journal of Catholic Thought and Culture* 15 (2012): 97-124.
- Grant, Edward. «In Defense of the Earth's Centrality and Immobility: Scholastic Reaction to Copernicanism in the Seventeenth Century». *Transactions of the American Philosophical Society* 74 (1984): 1-69.; —, *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.; —, «God and Natural Philosophy: The Late Middle Ages and Sir Isaac Newton». *Early Science and Medicine* 5 (2000): 279-298.; —, «God, Science and Natural Philosophy in the Late Middle Ages». *Studies in Intellectual History* 96 (1999): 243-268.; —, *Planets, Stars and Orbs: The*

- Medieval Cosmos, 1200-1687*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.; — (ed.). *A Source Book in Medieval Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974.
- Graunt, John. *Natural and Political Observations... Made upon the Bills of Mortality*. Londres: T Roycroft, 1662.
 - Gray, John. *Heresies*. Londres: Granta Books, 2004.
 - Greeley, Horace. «The Age We Live In». *Nineteenth Century* 1 (1848): 50-54.
 - Greenblatt, Stephen. «Invisible Bullets». In *Shakespearean Negotiations*. Oxford: Clarendon Press, 1988: 21-65.; —, *The Swerve: How the Renaissance Began*. Londres: Bodley Head, 2011. [Hay traducción española: *El Giro. De cómo un manuscrito olvidado contribuyó a crear el mundo moderno*. Barcelona: Crítica, 2012]
 - Greenblatt, Stephen y Joseph L Koerner. «The Glories of Classicism». *New York Review of Books*, 21 February 2013.
 - Grendler, Marcella. «Book Collecting in Counter-Reformation Italy: The Library of Gian Vincenzo Pinelli (1535-1601)». *Journal of Library History* 16 (1981):143-151.
 - Griffith, Alexander. *Mercurius Cambro-Britannicus, or News from Wales*. Londres: [s.n.], 1652.
 - Griffiths, Ralph. «Select Dissertations from the *Amoenitates academicae*». *Monthly Review* 65 (1781): 296-304.
 - Grünbaum, Adolf. «The Duhemian Argument». *Philosophy of Science* 27 (1960):75-87.

- Grynaeus, Simon. *Novus orbis regionum ac insularum veteribus incognitarum*. Basilea: J Hervagius, 1532.
- Guerlac, Henry. «Can We Date Newton's Early Optical Experiments?» *Isis* 74 (1983): 74-80.
- Guicciardini, Francesco. *Maxims and Reflections (Ricordi)*. Filadelfia: University of Pennsylvania Press, 1972. [Hay traducción española: *Recuerdos*. Madrid: Centro de Estudios Constitucionales, 1988]
- Gulliver, Lemuel. *The Anatomist Dissected, or The Man-Midwife Finely Brought to Bed*. Westminster: A Campbell, 1727.
- Haack, Susan. *Manifesto of a Passionate Moderate: Unfashionable Essays*. Chicago: University of Chicago Press, 1998.
- Hacking, Ian. *The Emergence of Probability: A Philosophical Study of Early Ideas about Probability, Induction and Statistical Inference*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.; —, «Five Parables». In *Philosophy in History*. Ed. R Rorty, JB Schneewind y Q Skinner. Cambridge: Cambridge University Press, 1984: 103-124.; —, *Historical Ontology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2002.; —, «How Inevitable are the Results of Successful Science?» *Philosophy of Science* 67 Supplement (2000): 58-71.; —, Inaugural Lecture: Chair of Philosophy and History of Scientific Concepts at the Collège de France. *Economy and Society* 31 (2002): 1-14.; —, «Introductory Essay». In Thomas S Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago; Londres: University of Chicago

Press, 2012: i-xxxvii.; —, «Language, Truth and Reason». In *Rationality and Relativism*. Ed. M Hollis y S Lukes. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1982: 48-66.; —, «The Self-vindication of the Laboratory Sciences». In *Science as Practice and Culture*. Ed. A Pickering. Chicago: University of Chicago Press, 1992: 29-64.; —, *The Social Construction of What?* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999. [Hay traducción española: *¿La construcción social de qué?* Barcelona: Paidós, 2001]; —, «"Style" for Historians and Philosophers». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 23 (1992): 1-20.; —, «Was There Ever a Radical Mistranslation?» *Analysis* 41 (1981): 171-175.

- Hahn, Nan L. «Medieval Mensuration: *Quadrans vetus* and *Geometrie due sunt partes principales*». *Transactions of the American Philosophical Society* 72 (1982): lxxxv, 204.
- Hale, John Rigby. *The Civilization of Europe in the Renaissance*. Londres: HarperCollins, 1993. [Hay traducción española: *La civilización del Renacimiento en Europa: 1450-1620*. Barcelona: Crítica, 1996]; —, «The Early Development of the Bastion: An Italian Chronology c.1450—c. 1534». In *Europe in the Late Middle Ages*. Ed. JR Hale. Londres: Faber, 1965: 466-494.; —, «Warfare and Cartography, c.1450 to c.1640». In *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Ed. D Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 2007: 719-737.

- Hale, Matthew. *Difficiles nugae, or Observations Touching the Torricellian Experiment*. Londres: W Shrowsbury, 1674.
- Hall, A Rupert. *All was Light: An Introduction to Newton's Opticks*. Oxford: Clarendon Press, 1993.; —, *Ballistics in the Seventeenth Century: A Study in the Relations of Science and War*. Cambridge: Cambridge University Press, 1952.; —, «Engineering and the Scientific Revolution». *Technology and Culture* 2 (1961): 333-341.; —, *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.; —, «What Did the Industrial Revolution in Britain Owe to Science?» In *Historical Perspectives: Studies in English Thought and Society, in Honour of J. H. Plumb*. Ed. N McKendrick. Londres: Europa, 1974: 129-151.; —, «William Wotton and the History of Science». *Archives internationales d'histoire des sciences* 9 (1949): 1047-1062.
- Hamblyn, Richard. *The Invention of Clouds: How an Amateur Meteorologist Forged the Language of the Skies*. Londres: Picador, 2001.
- Hamel, Jürgen. *Studien zur «Sphaera» des Johannes de Sacrobosco*. Leipzig: Akademische Verlagsanstalt, 2014.
- Hannam, James. *God's Philosophers: How the Medieval World Laid the Foundations of Modern Science*. Londres: Icon Books, 2009.
- Hanson, Norwood Russell. «An Anatomy of Discovery». *Journal of Philosophy* 64 (1967): 321-352.; —, «Hypotheses fingo». In

The Methodological Heritage of Newton. Ed. RE Butts y JW Davis. Oxford: Blackwell, 1970: 14-33.; —, *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

- Harle, Jonathan. *An Historical Essay on the State of Physick in the Old and New Testament*. Londres: R Ford, 1729.
- Harley, John Brian. «Maps, Knowledge and Power». In *The New Nature of Maps: Essays in the History of Cartography*. Ed. P Laxton. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001: 51-82.
- Harris, John. *Lexicon technicum, or An Universal English Dictionary of Arts and Sciences Vol. I*. Londres: D Brown, 1704.
- Harrison, Peter. *The Bible, Protestantism and the Rise of Natural Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.; —, «Curiosity, Forbidden Knowledge and the Reformation of Natural Philosophy in Early Modern England». *Isis* 92 (2001): 265-290.; —, «The Development of the Concept of Laws of Nature». In *Creation: Law and Probability*. Ed. FN Watts. Minneapolis: Fortress Press, 2008: 13-35.; —, *The Fall of Man and the Foundations of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.; —, «Newtonian Science, Miracles and the Laws of Nature». *Journal of the History of Ideas* 56 (1995): 531-553.; —, «Reassessing the Butterfield Thesis». *Historically Speaking* 8 (2006): 7-10.; —, «Voluntarism and Early Modern Science». *History of Science* 40 (2002): 63-89.; —, «Voluntarism

and the Origins of Modern Science: A Reply to John Henry». *History of Science* 47 (2009): 223-231.

- Harvey, Gabriel. *Gabriel Harvey's Marginalia*. Ed. GCM Moore Smith. Stratford-upon-Avon: Shakespeare Head Press, 1913.
- Harvey, Gideon. *The Vanities of Philosophy and Physick*. Londres: A Roper, 1699.
- Harvey, William. *Anatomical Exercitations, Concerning the Generation of Living Creatures*. Londres: O Pulleyn, 1653.
- Haugen, Kristine Louise. *Richard Bentley: Poetry and Enlightenment*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2011.
- Hay, Denys. *Polydore Vergil: Renaissance Historian and Man of Letters*. Oxford: Clarendon Press, 1952.
- Hayton, Darin. «Instruments and Demonstrations in the Astrological Curriculum: Evidence from the University of Vienna, 1500-1530». *Studies in History and Philosophy of Science Part C* 41 (2010): 125-134.
- Headley, John M. «The Sixteenth-century Venetian Celebration of the Earth's Total Habitability: The Issue of the Fully Habitable World for Renaissance Europe». *Journal of World History* 8 (1997): 1-27.
- Hedrick, Elizabeth. «Romancing the Salve: Sir Kenelm Digby and the Powder of Sympathy». *British Journal for the History of Science* 41 (2008): 161-185.
- Heeffer, Albrecht. «On the Curious Historical Coincidence of Algebra and Double-entry Bookkeeping». In *Foundations of the*

Formal Sciences VII. Ed. K François, B Löwe y T Müller. Londres: College Publishers, 2011: 109-130.

- Heilbron, John L. *Galileo*. Oxford: Oxford University Press, 2010.; —, *Physics at the Royal Society During Newton's Presidency*. Los Angeles: William Andrews Clark Memorial Library, 1983.
- Heisenberg, W. «Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen». *Zeitschrift für Physik* 33 (1925): 879-893.
- Helas, Philine. «Die Erfindung des Globus durch die Malerei – zum Wandel des Weltbildes im 15. Jahrhundert». In *Die Welt im Bild: Weltentwürfe in Kunst, Literatur und Wissenschaft seit der Frühen Neuzeit*. Ed. U Gehring. München: W Fink, 2010: 43-86.; —, «*Mundus in rotundo et pulcherrime depictus: Nunquam sistens sed continuo volvens*: Ephemere Globen in den Festinszenierungen des italienischen Quattrocento». *Der Globusfreund* 45-46 (1998): 155-175.
- Helden, Albert van. «The Invention of the Telescope». *Transactions of the American Philosophical Society* 67 (1977): 1-67.; —, *Measuring the Universe*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.; —, «Roemer's Speed of Light». *Journal for the History of Astronomy* 14 (1983): 137-141.
- Helden, Anne C van. «The Age of the Air-pump». *Tractrix* 3 (1991): 149-172.
- Hellman, C Doris. «Additional Tracts on the Comet of 1577». *Isis* 39 (1948): 172-174.; —, «A Bibliography of Tracts and

Treatises on the Comet of 1577». *Isis* 22 (1934): 41-68.; —, *The Comet of 1577: Its Place in the History of Astronomy*. Nueva York: AMS Press, 1971.

- Hellman, Hal. *Great Feuds in Mathematics: Ten of the Liveliest Disputes Ever*. Hoboken, NJ: John Wiley, 2006.
- Hellyer, Marcus (ed.). *The Scientific Revolution: The Essential Readings*. Malden, Mass.: Blackwell, 2003.
- Helmont, Jean Baptiste van. *Deliramenta catarrhi, or The Incongruities, Impossibilities and Absurdities Couched under the Vulgar Opinion of Defluxions*. Ed. W Charleton. Londres: William Lee, 1650.; —, *Ortus medicinae, id est, initia physicae inaudita*. Amsterdam: Elsevier, 1652.
- Helmont, Jean Baptiste van y Walter Charleton. *A Ternary of Paradoxes. The Magnetick Cure of Wounds. Nativity of Tartar in Wine. Image of God in Man*. Londres: W Lee, 1649.
- Henninger-Voss, Mary. «Measures of Success: Military Engineering and the Architectonic Understanding of Design». In *Picturing Machines*. Ed. W Lefèvre. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2004: 143-169.
- Henry, John. «Metaphysics and the Origins of Modern Science: Descartes and the Importance of Laws of Nature». *Early Science and Medicine* 9 (2004): 73-114.; —, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*. Houndmills, Basingstoke: Palgrave, 2008.; —, «Voluntarist Theology at the Origins of Modern Science: A Response to Peter Harrison». *History of Science* 47 (2009): 79-113.

- Hesse, Mary. «Comment on Kuhn's "Commensurability, Comparability, Communicability"». *PSA : Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (1982): 704-711.
- Hessen, Boris y Henryk Grossman. *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*. Ed. P McLaughlin y G Freudenthal. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2009.
- Hessler, John W. *The Naming of America: Martin Waldseemüller's 1507 World Map and the «Cosmographiae introductio»*. Londres: Giles, 2008.
- Hevelius, Johannes y Jeremiah Horrocks. *Mercurius in Sole visus Gedani: Anno christiano 1661... cui annexa est, Venus in Sole visa, Anno 1639*. Gdansk: Reiniger, 1662.
- Hexter, Jack H. «The Historian and His Day». *Political Science Quarterly* 69 (1954): 219-233.; —, *Reappraisals in History*. Evanston, Ill.: Northwestern University Press, 1961
- Hiatt, Alfred. *Terra incognita: Mapping the Antipodes before 1600*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
- Hill, Christopher. *Intellectual Origins of the English Revolution*. Oxford: Clarendon Press, 1965. [Hay traducción española: *Los orígenes intelectuales de la Revolución Inglesa*. Barcelona: Crítica, 1980]; —, «The Word "Revolution" in Seventeenth-century England». In *For Veronica Wedgwood These Studies in Seventeenth-century History*. Ed. R Ollard y P Tudor-Craig. Londres: William Collins, 1986: 134-151.

- Hill, Nicholas. *Philosophia epicurea democritiana theophrastica*. Ed. S Plastina. Pisa: Fabrizio Serra, 2007.
- Hills, Richard Leslie. *Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Himmelstein, Franz Xaver. *Synodicon herbipolense: Geschichte und Statuten der im Bisthum Würzburg gehaltenen Concilien und Dioecesansynoden*. Würzburg: Stahel, 1855.
- Hine, W L. «Inertia and Scientific Law in Sixteenth-century Commentaries on Lucretius». *Renaissance Quarterly* 48 (1995): 728-741.
- Hintikka, Jaakko. «Aristotelian Infinity». *Philosophical Review* 75 (1966): 197-218.
- Hoare, Michael Rand. *The Quest for the True Figure of the Earth: Ideas and Expeditions in Four Centuries of Geodesy*. Burlington, VT: Ashgate, 2004.
- Hobbes, Thomas. *Critique du «De mundo» de Thomas White*. Ed. J Jacquot y HW Jones. París: J Vrin, 1973.; —, *Elements of Philosophy, the First Section, Concerning Body*. Londres: A Crooke, 1656.; —, *Humane Nature, or The Fundamental Elements of Policie*. Londres: F Bowman, 1650.; —, *Leviathan, or The Matter, Forme and Power of a Common Wealth, Ecclesiasticall and Civil*. Londres: A Crooke, 1651. [Hay traducción española: *Leviatán. La materia, forma y poder de un estado eclesiástico y civil*. Madrid: Alianza editorial, 1999]; —, *Of Libertie and Necessitie: A Treatise*. Londres: F Eaglesfield,

1654. [Hay traducción española: *Libertad y necesidad y otros escritos*. Barcelona: Península, 1991]; —, *Philosophicall Rudiments Concerning Government and Society*. Londres: Royston, 1651.

- Hobson, Anthony. «A Sale by Candle in 1608». *The Library* 5 (1971): 215-233.
- Hollis, Martin y Steven Lukes (eds.). *Rationality and Relativism*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1982.
- Holmes, Geoffrey S. «Gregory King and the Social Structure of Pre-Industrial England». *Transactions of the Royal Historical Society* 27 (1977): 41-68.
- Hooke, Robert. *Lectiones Cutlerianæ, or A Collection of Lectures, Physical, Mechanical, Geographical & Astronomical*. Londres: J Martyn, 1679.; —, *Lectures de potentia restitutiva, or Of Spring, Explaining the Power of Springing Bodies*. Londres: J Martyn, 1678.; —, *Micrographia, or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies*. Londres: J Martyn, 1665.; —, *The Posthumous Works*. Londres: S Smith, 1705.
- Hooker, Richard. *Of the Lawes of Ecclesiasticall Politie, Eight Bookes*. Londres: J Windet, 1604.
- Hooykaas, Reijer. *G. J. Rheticus's Treatise on Holy Scripture and the Motion of the Earth*. Amsterdam: North-Holland, 1984.; —, *Religion and the Rise of Modern Science*. Grand Rapids, MI.: Eerdmans, 1972.

- Horrocks, Jeremiah. *Venus Seen on the Sun: The First Observation of a Transit of Venus*. Ed. W Applebaum. Leiden: Brill, 2012.
- Horton, Robin. *Patterns of Thought in Africa and the West: Essays on Magic, Religion and Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- Hoskin, Michael. «The Discovery of Uranus, the Titius—Bode Law, and the Asteroids». In *The General History of Astronomy*. 4 vols. Vol. 2B: *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics*. Ed. R Taton y C Wilson. 1995: 169-180.
- Hoyningen-Huene, Paul. «Three Biographies: Kuhn, Feyerabend and Incommensurability». In *Rhetoric and Incommensurability*. Ed. RA Harris. West Lafayette, IN: Parlor Press, 2005: 150-175.; —, «Two Letters of Paul Feyerabend to Thomas S. Kuhn on a Draft of *The Structure of Scientific Revolutions*». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 26 (1995): 353-387.
- Hues, Robert. *A Learned Treatise of Globes, Both Coelestiall and Terrestriall*. Londres: A Kemb, 1659.; —, *Tractatus de globis, coelesti et terrestri eorumque usu*. Amsterdam: J Hondius, 1617.
- Huff, Toby E. *Intellectual Curiosity and the Scientific Revolution: A Global Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- Hull, David L. «In Defense of Presentism». *History and Theory* 18 (1979): 1-15.

- Hull, Gordon. «Hobbes and the Premodern Geometry of Modern Political Thought». In *Arts of Calculation: Quantifying Thought in Early Modern Europe*. Ed. D Glimp y MR Warren. Nueva York: Palgrave Macmillan, 2004: 115-135.
- Humboldt, Alexander von. *Examen critique de l'histoire de la géographie du nouveau continent: Et des progrès de l'astronomie nautique aux 15me et 16me siècles*. 3 vols. París: Gide, 1836-1839.
- Hume, David. *Philosophical Essays Concerning Human Understanding*. Londres: A Millar, 1748. [Hay traducción española: *Investigación sobre el conocimiento humano*. Barcelona: Altaya, 1994]; —, *Political Discourses*. Edimburgo: A Kincaid, 1752.
- Hunter, Michael. «Alchemy, Magic and Moralism in the Thought of Robert Boyle». *British Journal for the History of Science* 23 (1990): 387-410.; —, *Boyle: Between God and Science*. New Haven: Yale University Press, 2009.; —, «The Decline of Magic: Challenge and Response in Early Enlightenment England». *The Historical Journal* 55 (2012): 399-425.; —, *Establishing the New Science: The Experience of the Early Royal Society*. Woodbridge, Suffolk: Boydell Press, 1989.; —, «New Light on the "Drummer of Tedworth": Conflicting Narratives of Witchcraft in Restoration England». *Historical Research* 78 (2005): 311-353.; —, *The Occult Laboratory: Magic, Science and Second Sight in Late-seventeenth-century Scotland*. Woodbridge: Boydell Press,

2001.; — (ed.). *Robert Boyle by Himself and His Friends: With a Fragment of William Wotton's Lost Life of Boyle*. Londres: W Pickering, 1994.; —, *The Royal Society and Its Fellows, 1660-1700: The Morphology of an Early Scientific Institution*. Chalfont St Giles, Bucks: British Society for the History of Science, 1982.; —, «The Royal Society and the Decline of Magic». *Notes and Records of the Royal Society* 65: 103-119 (2011).; —, «Science and Astrology in Seventeenth-century England: An Unpublished Polemic by John Flamsteed». [1987] In *Science and the Shape of Orthodoxy: Intellectual Change in Late-seventeenth-century Britain*. Boydell & Brewer, 1995: 245-285.; —, «Science and Heterodoxy: An Early Modern Problem Reconsidered». In *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Ed. D Lindberg y R Westman. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 437-460.

- Hunter, Michael y Lawrence M Principe. «The Lost Papers of Robert Boyle». *Annals of Science* 60 (2003): 269-311.
- Hunter, Michael y Paul B Wood. «Towards Solomon's House: Rival Strategies for Reforming the Early Royal Society». *History of Science* 24 (1986): 49-108.
- Huppert, George. «The Life and Works of Louis Le Roy, by Werner L. Gundersheimer». *History and Theory* 7 (1968): 151-158.
- Ibn Al-Haytham. *Alhacen's Theory of Visual Perception: The First Three Books of Alhacen's «De aspectibus»*. Ed. AM Smith. Filadelfia: American Philosophical Society, 2001.; —, *The*

Optics: Books I—III, on Direct Vision. Ed. Al Sabra. 2 vols. Londres: Warburg Institute, University of London, 1989.

- Ilardi, Vincent. *Renaissance Vision from Spectacles to Telescopes*. Filadelfia: American Philosophical Society, 2007.
- Iliffe, R. «“In the Warehouse”: Privacy, Property and Priority in the Early Royal Society». *History of Science* 30 (1992): 29-68.
- Isaac, Joel. *Working Knowledge: Making the Human Sciences from Parsons to Kuhn*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2012.
- Ivins, William Mills. *On the Rationalization of Sight: With... Three Renaissance Texts*. Nueva York: Da Capo Press, 1975.; —, *Prints and Visual Communication*. Londres: Routledge, 1953.
- Jackson, Thomas. *Justifying Faith, or The Faith by which the Just Do Live*. Londres: J Beale, 1615.
- Jacob, Margaret C. «Science Studies after Social Construction: The Turn toward the Comparative and the Global». In *Beyond the Cultural Turn: New Directions in the Study of Society and Culture*. Ed. VE Bonnell y L Hunt. University of California Press, 1999: 95-120.; —, *Scientific Culture and the Making of the Industrial West*. Nueva York: Oxford University Press, 1997.
- Jacob, Margaret C y Larry Stewart. *Practical Matter: Newton's Science in the Service of Industry and Empire, 1687-1851*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2004.
- Jacquot, Jean. «Thomas Harriot's Reputation for Impiety». *Notes and Records of the Royal Society of London* 9 (1952): 164-187.

- Jalobeanu, Dana. «A Natural History of the Heavens: Francis Bacon's Anti-Copernicanism». In *The Making of Copernicus: Early Modern Transformations of the Scientist and His Science*. Ed. W Neuber, T Rahn y C Zittel. Leiden: Brill, 2015: 64-87.
- James, GO. «The Problem of Mechanical Flight». *Science* 36 (1912): 336-340.
- James, William. «Humanism and Truth (1904)». In *Pragmatism: A New Name for Some Old Ways of Thinking: [and] the Meaning of Truth, a Sequel to Pragmatism*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1978.
- Jansen, Paule. *De Blaise Pascal à Henry Hammond: Les Provinciales en Angleterre*. París: J Vrin, 1954.
- Jardine, Nicholas. *The Birth of History and Philosophy of Science: Kepler's «A Defence of Tycho against Ursus»*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.; —, *The Scenes of Inquiry: On the Reality of Questions in the Sciences*. Oxford: Clarendon Press, 2000.; —, «Uses and Abuses of Anachronism in the History of the Sciences». *History of Science* 38 (2000): 251-270.; —, «Whigs and Stories: Herbert Butterfield and the Historiography of Science». *History of Science* 41 (2003): 125-140.
- Jarrige, Pierre. *A Further Discovery of the Mystery of Jesuitisme*. Londres: R Royston, 1658.
- Jervis, Jane L. *Cometary Theory in Fifteenth-century Europe*. Dordrecht: D Reidel, 1985.

- Jesseph, Douglas M. «Galileo, Hobbes and the Book of Nature». *Perspectives on Science* 12 (2004): 191-211.
- Jobe, Thomas Harmon. «The Devil in Restoration Science: The Glanvill—Webster Witchcraft Debate». *Isis* 72 (1981): 343-356.
- Johns, Adrian. «How to Acknowledge a Revolution». *American Historical Review* 107 (2002): 106-125.; —, «Identity, Practice and Trust in Early Modern Natural Philosophy». *Historical Journal* 42 (1999): 1125-1145.; —, *The Nature of the Book: Print and Knowledge in the Making*. Chicago: University of Chicago Press, 1998.; —, «Science and the Book in Modern Cultural Historiography». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 29 (1998): 167-194.
- Johnson, Christine R. *The German Discovery of the World: Renaissance Encounters with the Strange and Marvelous*. Charlottesville: University of Virginia Press, 2008.; —, «Renaissance German Cosmographers and the Naming of America». *Past and Present* 191 (2006): 3-43.
- Johnson, Francis R y Sanford V Larkey. «Thomas Digges, the Copernican System and the Idea of the Infinity of the Universe in 1576». *Huntington Library Bulletin* 5 (1934): 69-117.
- Johnson, Samuel. «The Vanity of Authors». In *The Rambler* [N.º 1 March 20, 1750—N.º 208 March 14, 1752]. 6 vols. Vol. 4 (n.º 106). Londres: J. Payne y J. Bouquet, 1752: 46-54.
- Johnston, Stephen. «Theory, Theoric, Practice: Mathematics and Magnetism in Elizabethan England». *Journal de la Renaissance* 2 (2004): 53-62.

- Jones, Richard Foster. *Ancients and Moderns: A Study of the Background of the Battle of the Books*. St Louis: Washington University Press, 1936.
- Jonkers, ART. *Earth's Magnetism in the Age of Sail*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003.
- Joy, Lynn S. «Scientific Explanation: From Formal Causes to Laws of Nature». In *The Cambridge History of Science*. 7 vols. Vol. 3: *Early Modern Science*. Ed. K Park y LJ Daston. Cambridge: Cambridge University Press, 2006: 70-105.
- Jurin, James. *A Letter to the Right Reverend the Bishop of Cloyne Occasion'd by His Lordship's Treatise on the Virtues of Tar-water*. Londres: J Robinson, 1744.
- Kant, Immanuel. *Critique of Pure Reason*. Ed. N Kemp Smith. Nueva York: Macmillan, 1949. [Hay traducción española: *Crítica de la razón pura*. Madrid: Tecnos, 2002]
- Kassell, Lauren. *Medicine and Magic in Elizabethan England: Simon Forman – Astrologer, Alchemist and Physician*. Oxford: Clarendon, 2005.
- Kastan, David Scott. *Shakespeare and the Book*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- Kaye, Joel. *Economy and Nature in the Fourteenth Century: Money, Market Exchange and the Emergence of Scientific Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- Kemp, Martin. «Science, Non-science and Nonsense: The Interpretation of Brunelleschi's Perspective». *Art History* 1 (1978): 134-161.; —, *The Science of Art: Optical Themes in*

Western Art from Brunelleschi to Seurat. New Haven: Yale University Press, 1990. [Hay traducción española: *La ciencia del arte. La óptica en el arte occidental de Brunelleschi a Seurat*. Madrid: Akal, 2000]

- Kepler, Johannes. *Dioptrice, seu demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter conspicienda non ita pridem inventa accidunt: Praemissae epistolae Galilaei de ijs quae post editionem nuncij siderij ope perspicilli, nova et admiranda in coelo deprehensa sunt*. Augsburgo: Franck, 1611.; —, *Dissertatio cum nuncio sidereo*. Ed. I Pantin. París: Les Belles Lettres, 1993.; —, *Epitome astronomiae Copernicanae*. Fráncfort: Schönwetter, 1635.; —, *Epitome of Copernican Astronomy, Books IV and V*. Amherst, NY: Prometheus Books, 1995.; —, *L'Étoile nouvelle dans le serpentaire*. París: A Blanchard, 1998.; —, *L'Étrenne, ou La Neige sexangulaire*. Ed. R Halleux. París: Vrin, 1975.; —, *Kepler's Conversation with Galileo's Sidereal Messenger*. Ed. E Rosen. Nueva York: Johnson Reprint Corporation, 1965.; —, *Kepler's Dream*. Ed. J Lear. Berkeley: University of California Press, 1965.; —, *Kepler's Somnium: The Dream or Posthumous Work on Lunar Astronomy*. Ed. E Rosen. Madison: University of Wisconsin Press, 1967.; —, *New Astronomy*. Trad. WH Donahue. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.; —, *The Six-cornered Snowflake*. Ed. C Hardie. Oxford: Clarendon Press, 1966.; —, *The Six-cornered Snowflake: A New Year's Gift*. Ed. JF Nims. Filadelfia: Paul Dry Books, 2010.

- Kerker, Milton. «Science and the Steam Engine». *Technology and Culture* 2 (1961): 381-390.
- Ketterer, David. «“The Wonderful Effects of Steam”: More Percy Shelley Words in Frankenstein?» *Science Fiction Studies* 25 (1998): 566-570.
- Keynes, Geoffrey. *John Evelyn, a Study in Bibliophily with a Bibliography of His Writings*. Cambridge: Cambridge University Press, 1937.
- King, Henry C y John R Millburn. *Geared to the Stars: The Evolution of Planetariums, Orreries and Astronomical Clocks*. Toronto: University of Toronto Press, 1978.
- King, Peter. «Mediaeval Thought-experiments: The Metamethodology of Mediaeval Science». In *Thought Experiments in Science and Philosophy*. Ed. T Horowitz. Lanham, MD: Rowman and Littlefield, 1991: 43-64.
- Kirk, GS, JE Raven y Malcolm Schofield. *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- Klein, Judy L. *Statistical Visions in Time: A History of Time Series Analysis, 1662-1938*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- Klein, Ursula. «Origin of the Concept of Chemical Compound». *Science in Context* 7 (1994): 163-204.
- Koyré, Alexandre. *The Astronomical Revolution: Copernicus, Kepler, Borelli*. París: Hermann, 1973.; —, «Concept and Experience in Newton’s Scientific Thought». [1956] In

Newtonian Studies. Londres: Chapman & Hall, 1965: 25-52.; —, «Du monde de "l'a-peu-près" à l'univers de la précision». In *Études d'histoire de la pensée philosophique*. París: Colin, 1971: 311-329.; —, *Études d'histoire de la pensée scientifique*. París: Gallimard, 1973. [Hay traducción española: *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid: Siglo XXI, 1977]; —, *Études Galiléennes*. París: Hermann, 1966. [Hay traducción española: *Estudios galileanos*. Madrid: Siglo XXI, 1990]; —, *From the Closed World to the Infinite Universe*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1957. [Hay traducción española: *Del mundo cerrado al universo infinito*. Madrid: Siglo XXI, 1979]; —, «Galilée et l'expérience de Pise: À propos d'une légende». In *Études d'histoire de la pensée scientifique*. París: Gallimard, 1973: 213-223.; —, «Galileo and the Scientific Revolution of the Seventeenth Century». *The Philosophical Review* 52 (1943): 333-348.; —, *Newtonian Studies*. Londres: Chapman & Hall, 1965.

- Kren, Claudia. «The Rolling Device of Nasir al-Dīn al-Tūsī in the *De Spera* of Nicole Oresme?» *Isis* 62 (1971): 490-498.
- Kristensen, Leif Kahl y Kurt Møller Pedersen. «Roemer, Jupiter's Satellites and the Velocity of Light». *Centaurus* 54 (2012): 4-38.
- Kubovy, Michael. *The Psychology of Perspective and Renaissance Art*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

- Kuhn, Thomas S. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957. [Hay traducción española: *La revolución copernicana. La astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental*. Barcelona: Ariel, 1978]; —, «Dubbing and Redubbing: The Vulnerability of Rigid Designation». *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* 14 (1990): 298-318.; —, *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago: University of Chicago Press, 1977. [Hay traducción española: *La Tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. Madrid: Fonde de Cultura Económica, 1982]; —, «Historical Structure of Scientific Discovery». *Science* 136 (1962): 760-764.; —, «Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science». *The Journal of Interdisciplinary History* 7 (1976): 1-31.; —, «The Principle of Acceleration: A Non-dialectical Theory of Progress: Comment». *Comparative Studies in Society and History* 11 (1969): 426-430.; —, *The Road since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993, with An Autobiographical Interview*. Ed. J Conant y J Haugeland. Chicago: University of Chicago Press, 2000. [Hay traducción española: *El camino desde la estructura : ensayos filosóficos, 1970-1993, con una entrevista autobiográfica*. Barcelona: Paidós, 2002]; —, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.; —, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago:

University of Chicago Press, 1970.; —, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1996. [Hay traducción española: *La estructura de las revoluciones científicas*. México, DF: Fondo de Cultura Económica, 2006]; —, *The Trouble with the Historical Philosophy of Science: Robert and Maurine Rothschild Distinguished Lecture, 19 November 1991*. Cambridge, Mass.: Department of the History of Science, Harvard University, 1992.; —, «What are Scientific Revolutions?» [1987] In *The Road since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993, with An Autobiographical Interview*. Ed. J Conant y J Haugeland. Chicago: University of Chicago Press, 2000: 13-32. [Hay traducción española: *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*. Barcelona: Paidós, 1989]

- Kusch, Martin. «Annalisa Coliva on Wittgenstein and Epistemic Relativism». *Philosophia* 41 (2013): 37-49.; —, «Hacking's Historical Epistemology: A Critique of Styles of Reasoning». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 41 (2010): 158-173.
- Kusukawa, Sachiko. *Picturing the Book of Nature: Image, Text and Argument in Sixteenth-century Human Anatomy and Medical Botany*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.; —, «The Sources of Gessner's Pictures for the *Historia animalium*». *Annals of Science* 67 (2010): 303-328.
- Kwa, Chunglin. *Styles of Knowing*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2011.

- Labinger, Jay A. y Harry Collins (eds.). *The One Culture? A Conversation about Science*. Chicago: University of Chicago Press, 2001.
- La Boétie, Étienne de. *De la servitude volontaire, ou Contr'un*. Ed. MC Smith. Ginebra: Droz, 1987.
- Laird, W R. «Archimedes among the Humanists». *Isis* 82 (1991): 629-638.
- Lakatos, Imre. *The Methodology of Scientific Research Programmes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. [Hay traducción española: *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza editorial, 1983]
- Lamb, David y Susan M Easton. *Multiple Discovery*. Amersham: Avebury, 1984.
- La Mettrie, Julien Offray de. *La Mettrie's «L'Homme machine»: A Study in the Origins of an Idea*. Ed. A Vartanian. Princeton: Princeton University Press, 1960. [Hay traducción española: *El hombre máquina. El arte de gozar*. Madrid: Valdemar, 2000]
- Landes, David S. «Why Europe and the West? Why Not China?» *Journal of Economic Perspectives* 20 (2006): 3-22.
- Langbein, John H. *Torture and the Law of Proof: Europe and England in the Ancien Régime*. Chicago: University of Chicago Press, 1977.
- Laqueur, Thomas Walter. *Making Sex: Body and Gender from the Greeks to Freud*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1990. [Hay traducción española: *La Construcción del*

sexo : cuerpo y género desde los griegos hasta Freud. Madrid: Cátedra, 1994]

- Laski, Harold Joseph. *The Rise of European Liberalism: An Essay in Interpretation*. Londres: Allen & Unwin, 1936. [Hay traducción española: *El liberalismo europeo. Un ensayo en interpretación*. México: Fondo de Cultura Económica, 1939]
- Laslett, Peter. «Commentary». In *Scientific Change*. Ed. AC Crombie. Nueva York: Basic Books, 1963: 861-865.
- Latham, RE (ed.). *Dictionary of Medieval Latin from British Sources*. Londres: British Academy, 1975.
- Latour, Bruno. «For David Bloor... and beyond: A Reply to David Bloor's "Anti-Latour"». *Studies in History and Philosophy of Science* 30 (1999): 113-130.; —, «The Force and the Reason of Experiment». In *Experimental Inquiries*. Ed. HE Legrand. Dordrecht: Kluwer, 1990: 49-80.; —, «One More Turn after the Social Turn: Easing Science Studies into the Non-modern World». In *The Social Dimensions of Science*. Ed. E McMullin. Notre Dame: Notre Dame University Press, 1992: 272-292.; —, «On the Partial Existence of Existing and Non-existing Objects». In *Biographies of Scientific Objects*. Ed. LJ Daston. Chicago: University of Chicago Press, 2000: 247-269.; —, *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999. [Hay traducción española: *La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Barcelona: Gedisa, 2001]; —, «Visualisation and Cognition: Drawing Things

Together». In *Representation in Scientific Activity*. Ed. M Lynch y S Woolgar. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1990: 19-68.; —, *We Have Never been Modern*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1993. [Hay traducción española: *Nunca hemos sido modernos. Ensayo de antropología moderna*. Madrid: Debate, 1993]

- Lattis, James M. *Between Copernicus and Galileo: Christoph Clavius and the Collapse of Ptolemaic Cosmology*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.
- Laudan, Larry. «The Clock Metaphor and Probabilism: The Impact of Descartes on English Methodological Thought, 1650-1665». *Annals of Science* 22 (1966): 73-104.; —, «A Confutation of Convergent Realism». *Philosophy of Science* 48 (1981): 19-49.; —, «Demystifying Underdetermination». *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* 14 (1990): 267-297.; —, «The Nature and Sources of Locke's Views on Hypotheses». *Journal of the History of Ideas* 28 (1967): 211-223.; —, «The Pseudoscience of Science?» *Philosophy of the Social Sciences* 11 (1981): 173-198.
- Law, John. «Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion». In *The Social Construction of Technological Systems*. Ed. WE Bijker, T Hughes y TJ Pinch. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1987: 111-134.
- Layton Jr, Edwin T. «Technology as Knowledge». *Technology and Culture* 15 (1974): 31-41.

- Leavis, FR. *Two Cultures? The Significance of C. P. Snow*. Ed. S Collini. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- Leblanc, Vincent. *The World Surveyed, or The Famous Voyages and Travailles of V. Le Blanc, or White*. Londres: J Starkey, 1660.
- Le Clerc, Daniel. *The History of Physick, or an Account of the Rise and Progress of the Art and the Several Discoveries Therein from Age to Age*. Londres: D Brown, 1699.
- Leeuwen, Henry G van. *The Problem of Certainty in English Thought, 1630-1690*. La Haya: Martinus Nijhoff, 1963.
- Lefèvre, Wolfgang. «The Limits of Pictures: Cognitive Functions of Images in Practical Mechanics, 1400-1600». In *The Power of Images in Early Modern Science*. Ed. W Lefèvre, J Renn y U Schoepflin. Basilea: Birkhäuser, 2003: 69-88.
- Lehoux, Daryn. «Tropes, Facts and Empiricism». *Perspectives on Science* 11 (2003): 326-345.; —, *What Did the Romans Know? An Inquiry into Science and Worldmaking*. Chicago: University of Chicago Press, 2012.
- Leibniz, Gottfried Wilhelm, Christiaan Huygens y Denis Papin. *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin, nebst der Biographie Papins und einigen zugehörigen Briefen und Actenstücken*. Ed. E Gerland. Berlin: Akademie der Wissenschaften, 1881.
- Lennox, James G. «The Disappearance of Aristotle's Biology: A Hellenistic Mystery». In *Aristotle's Philosophy of Biology: Studies in the Origins of Life Science*. Cambridge: Cambridge

- University Press, 2001: 110-125.; —, «William Harvey: Enigmatic Aristotelian of the Seventeenth Century». In *Teleology in the Ancient World: The Dispensation of Nature*. Ed. J Rocca. Cambridge: Cambridge University Press, en prensa.
- Leonardo da Vinci. *Trattato della pittura*. Ed. G de Rossi. Roma: Stamperia de Romanis, 1817. [Hay traducción española: *Tratado de pintura*. Madrid: Akal, 2004]; —, *Trattato della pittura (1651) = Traité de la peinture*. Ed. A Sconza. París: Les Belles Lettres, 2012.; —, *Treatise on Painting: Codex urbinas latinus 1270*. Ed. AP McMahon. Princeton: Princeton University Press, 1956.
 - Leplin, Jarrett (ed.). *Scientific Realism*. Berkeley: University of California Press, 1984.
 - Lerner, Michel-Pierre. *Le Monde des sphères*. 2 vols. París: Les Belles Lettres, 1997.
 - Leroi, Armand Marie. *The Lagoon: How Aristotle Invented Science*. Nueva York: Viking, 2014.
 - Leroy, Louis. *De la vicissitude ou variété des choses de l'univers*. París: P L'Huilier, 1575.; —, *Of the Interchangeable Course or Variety of Things*. Londres: C Yetsweirt, 1594.
 - Lessing, Karl G. *Gotthold Ephraim Lessings Leben, nebst seinem noch übrigen litterarischen Nachlasse*. 3 vols. Berlin: Vossischen Buchhandlung, 1793-1795.
 - Lessius, Leonard. *Rawleigh, His Ghost, or A Feigned Apparition of Syr W. Rawleigh, to a Friend of His, for the Translating into English, the Booke of L. Lessius*. St Omer: [s.n.], 1631.

- Lester, Toby. *The Fourth Part of the World*. Londres: Profile, 2009.
- Lestringant, Frank. *L'Atelier du cosmographe, ou L'Image du monde à la Renaissance*. París: A Michel, 1991.
- Leurechon, Jean. *Selectae propositiones in tota sparsim mathematica pulcherrimae ad usum et exercitationem celebrium academiaram*. Pont-à-Mousson: G Bernardus, 1629.
- Levenson, Jay A. «Jacopo de' Barbari». *Print Quarterly* 25 (2008): 207-209.
- Levine, Joseph M. *The Battle of the Books: History and Literature in the Augustan Age*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1991.; —, *Between the Ancients and the Moderns: Baroque Culture in Restoration England*. New Haven: Yale University Press, 1999.
- Lévy-Bruhl, Lucien. *How Natives Think*. Nueva York: AA Knopf, 1925. [Hay traducción española: *El alma primitiva*. Barcelona: Península, 1974]
- Lewis, Eric. «Walter Charleton and Early Modern Eclecticism». *Journal of the History of Ideas* 62 (2001): 651-664.
- Lindberg, David C. «Alhazen's Theory of Vision and Its Reception in the West». *Isis* 58 (1967): 321-341.; —, *The Beginnings of Western Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious and Institutional Context, 600 bc to ad 1450*. Chicago: University of Chicago Press, 1992. [Hay traducción española: *Los inicios de la ciencia occidental. La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso*

e institucional (desde el 600 a.C. hasta 1450). Barcelona: Paidós, 2002]

- Lindberg, David C y Ronald L Numbers (eds.). *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*. Berkeley: University of California Press, 1986.
- Lindberg, David C y Robert S Westman (eds.). *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Line, Francis. *Tractatus de corporum inseparabilitate; in quo experimenta de vacuo, tam Torricelliana, quam Magdeburgica, & Boyleana, examinantur*. Londres: T Roycroft, 1661.
- Livingstone, David N y Charles WJ Withers (eds.). *Geography and Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- Locke, John. *An Essay Concerning Humane Understanding*. Londres: T Basset, 1690. [Hay traducción española: *Ensayo sobre el entendimiento humano*. Barcelona: RBA, 2002]
- Lohne, JA. «Isaac Newton: The Rise of a Scientist 1661-1671». *Notes and Records of the Royal Society of London* (1965): 125-139.
- LoLordo, Antonia. *Pierre Gassendi and the Birth of Early Modern Philosophy*. Nueva York: Cambridge University Press, 2007.
- Long, Pamela O. «Invention, Authorship, "Intellectual Property" and the Origin of Patents – Notes toward a Conceptual History». *Technology and Culture* 32 (1991): 846-884.; —, *Openness, Secrecy, Authorship: Technical Arts and the Culture*

of Knowledge from Antiquity to the Renaissance. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001.; —, «Picturing the Machine: Francesco di Giorgio and Leonardo da Vinci in the 1490s». In *Picturing Machines*. Ed. W Lefèvre. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2004: 117-141.; —, «Power, Patronage and the Authorship of Ars: From Mechanical Know-how to Mechanical Knowledge in the Last Scribal Age». *Isis* 88 (1997): 1-41.

- Lower, Richard. *Richard Lower's Vindicatio: A Defence of the Experimental Method*. Ed. K Dewhurst. Oxford: Sandford, 1983.
- Luria, AR. *Cognitive Development, Its Cultural and Social Foundations*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1976.
- Lüthy, Christoph H. «Where Logical Necessity Turns into Visual Persuasion: Descartes' Clear and Distinct Illustrations». In *Transmitting Knowledge: Words, Images and Instruments in Early Modern Europe*. Ed. S Kusukawa e I Maclean. Oxford: Oxford University Press, 2006: 97-133.
- Lynall, Gregory. *Swift and Science*. Londres: Palgrave Macmillan, 2012.
- Lynes, John A. «Brunelleschi's Perspectives Reconsidered». *Perception* 9 (1980): 87-99.
- Lyotard, Jean-François. *La Condition postmoderne: rapport sur le savoir*. París: Éditions de Minuit, 1979. [Hay traducción

española: *La condición postmoderna. Informe sobre el saber*. Barcelona: Altaya, 1999]

- Maas, Harro y Mary S Morgan. «Timing History: The Introduction of Graphical Analysis in 19th-century British Economics». *Revue d'histoire des sciences humaines* 7 (2002): 97-127.
- McCord, Sheri L. «Healing by Proxy: The Early-modern Weapon-salve». *English Language Notes* 47 (2009): 13-24.
- McCormick, Ted. *William Petty and the Ambitions of Political Arithmetic*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- McDonald, Joseph F. «Russell, Wittgenstein, and the Problem of the Rhinoceros». *Southern Journal of Philosophy* 31 (1993): 409-424.
- Macfarlane, Alan. «Civility and the Decline of Magic». In *Civil Histories: Essays in Honour of Sir Keith Thomas*. Ed. P Slack, P Burke y B Harrison. Oxford: Oxford University Press, 2000: 145-160.
- MacGregor, Neil. *Shakespeare's Restless World*. Londres: Allen Lane, 2012.
- McGrew, Timothy J, Marc Alspector-Kelly y Fritz Allhoff (eds.). *The Philosophy of Science: An Historical Anthology*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2009.
- McGuire, JE y Piyo M Rattansi. «Newton and the "Pipes of Pan"». *Notes and Records of the Royal Society of London* 21 (1966): 108-143.

- Machiavelli, Niccolò. *Selected Political Writings*. Trad. D Wootton. Indianápolis: Hackett, 1994. [Hay traducción española: *Antología*. Barcelona: Península, 2009]
- McIntosh, Gregory C. *The Johannes Ruysch and Martin Waldseemüller World Maps: The Interplay and Merging of Early-sixteenth-century New World Cartographies*. Cerritos, Calif.: Plus Ultra Publishing, 2012.
- MacIntyre, Alasdair C. *After Virtue: A Study in Moral Theory*. Londres: Duckworth, 1981. [Hay traducción española: *Tras la virtud*. Barcelona: Crítica, 2013]; —, «Epistemological Crises, Dramatic Narrative and the Philosophy of Science in Historicism and Epistemology». *Monist* 60 (1977): 453-472.
- MacKay, R Jock y R Wayne Oldford. «Scientific Method, Statistical Method and the Speed of Light». *Statistical Science* (2000): 254-278.
- Mackinnon, Nick. «The Portrait of Fra Luca Pacioli». *The Mathematical Gazette* 77 (1993): 130-219.
- McLaughlin, Martin L. «Humanist Concepts of Renaissance and Middle Ages in the Tre— and Quattrocento». *Renaissance Studies* 2 (1988): 131-142.
- Maclean, Ian. «Foucault's Renaissance Episteme». *Journal of the History of Ideas* 59 (1998): 149-166.; —, *Logic, Signs and Nature in the Renaissance: The Case of Learned Medicine*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- McMullin, Ernan. «Bruno and Copernicus». *Isis* 78 (1987): 55-74.; —, «Giordano Bruno at Oxford». *Isis* 77 (1986): 85-94.; —,

«The Impact of Newton's *Principia* on the Philosophy of Science». *Philosophy of Science* 68 (2001): 279-310.

- McNally, Peter (ed.). *The Advent of Printing*. Montreal: McGill University, 1987.
- McNulty, Robert. «Bruno at Oxford». *Renaissance News* 13 (1960): 300-305.
- Maffioli, Cesare S. *Out of Galileo: The Science of Waters 1628-1718*. Rotterdam: Erasmus, 1994.; —, *La via delle acque, 1500-1700: Appropriazione delle arti e trasformazione delle matematiche*. Florencia: LS Olschki, 2010.
- Malcolm, Noel. *Aspects of Hobbes*. Oxford: Clarendon Press, 2002.; —, «Hobbes and Roberval». In *Aspects of Hobbes*. Oxford: Clarendon Press, 2002: 156-199.; —, «Hobbes's Science of Politics and His Theory of Science». In *Aspects of Hobbes*. Oxford: Clarendon Press, 2002: 146-155.; —, «Robert Boyle, Georges Pierre des Clozets and the Asterism: A New Source». *Early Science and Medicine* 9 (2004): 293-306.
- Manetti, Antonio. *Vita di Filippo Brunelleschi*. Ed. CC Perrone. Roma: Salerno, 1992.
- Margolis, Howard. *Patterns, Thinking and Cognition: A Theory of Judgment*. Chicago: University of Chicago Press, 1987.; —, *It Started with Copernicus: How Turning the World inside out Led to the Scientific Revolution*. Nueva York: McGraw-Hill, 2002.
- Martens, Rhonda. *Kepler's Philosophy and the New Astronomy*. Princeton: Princeton University Press, 2000.

- Martinet, Monique. «Science et hypothèses chez Descartes». *Archives internationales d'histoire des sciences* 24 (1974): 319-339.
- Massa, Daniel. «Giordano Bruno's Ideas in Seventeenth-century England». *Journal of the History of Ideas* 38 (1977): 227-242.
- Massey, Lyle. *Picturing Space, Displacing Bodies*. University Park, PA: Pennsylvania State University Press, 2007.
- Mattern, Susan P. *Galen and the Rhetoric of Healing*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2008.
- May, Christopher. «The Venetian Moment: New Technologies, Legal Innovation and the Institutional Origins of Intellectual Property». *Prometheus* 20 (2002): 159-179.
- Mayer, Anna-K. «Setting Up a Discipline: Conflicting Agendas of the Cambridge History of Science Committee, 1936-1950». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 31 (2000): 665-689.
- Mayer, Thomas F. *The Roman Inquisition: A Papal Bureaucracy and Its Laws in the Age of Galileo*. Filadelfia: University of Pennsylvania Press, 2013.; —, *The Roman Inquisition: Trying Galileo*. Filadelfia: University of Pennsylvania Press, 2015.
- Mayr, Ernst. «When is Historiography Whiggish?». *Journal of the History of Ideas* 51 (1990): 301-309.
- Mayr, Otto. *Authority, Liberty & Automatic Machinery in Early Modern Europe*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1986. [Hay traducción española: *Autoridad, libertad y*

maquinaria automática en la primera modernidad europea.
Barcelona: Acanalado, 2012]

- Mazur, Joseph. *Enlightening Symbols: A Short History of Mathematical Notation and Its Hidden Powers*. Princeton: Princeton University Press, 2014.
- Mela, Pomponio. *De orbis situ libri tres. Adiecta sunt praeterea loca aliquot ex Vadiani commentarijs*. Ed. J Vadianus. París: C Wechel, 1530.
- Melchior-Bonnet, Sabine. *The Mirror: A History*. Nueva York: Routledge, 2002.
- Merchant, Carolyn. «“The Violence of Impediments”: Francis Bacon and the Origins of Experimentation». *Isis* 99 (2008): 731-760.
- Merton, Robert K. «The Normative Structure of Science». In *The Sociology of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 1973: 267-278.; —, *On the Shoulders of Giants: A Shandean Postscript*. Nueva York: Free Press, 1965. [Hay traducción española: *A hombros de gigantes. Posdata shandiana*. Barcelona: Península, 1990]; —, «Priorities in Scientific Discovery: A Chapter in the Sociology of Science». *American Sociological Review* 22 (1957): 635-659.; —, «Resistance to the Systematic Study of Multiple Discoveries in Science». *European Journal of Sociology* 4 (1963): 237-282.; —, «Science and Technology in a Democratic Order». *Journal of Legal and Political Sociology* 1 (1942): 115-126.; —, «Science, Technology and Society in Seventeenth-century England». *Osiris* 4 (1938):

360-363.; —, *Science, Technology and Society in Seventeenth-century England*. Nueva York: Harper & Row, 1970. [Hay traducción española: *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*. Madrid: Alianza editorial, 1984]; —, «Singletons and Multiples in Scientific Discovery: A Chapter in the Sociology of Science». *Proceedings of the American Philosophical Society* 105 (1961): 470-486.; —, *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago: University of Chicago Press, 1973. [Hay traducción española: *La sociología de la ciencia. Investigaciones teóricas y empíricas*. Madrid: Alianza editorial, 1977]; —, «The Unanticipated Consequences of Purposive Social Action». *American Sociological Review* 1 (1936): 894-904.

- Merton, Robert K y Elinor G. Barber. *The Travels and Adventures of Serendipity*. Princeton: Princeton University Press, 2006.
- Meurer, Peter H. «Cartography in the German Lands, 1450-1650». In *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Ed. D Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 2007: 1172-1245.
- Michele, Agostino. *Trattato della grandezza dell'acqua et della terra*. Venecia: N Moretti, 1583.
- Middleton, WE Knowles. *The History of the Barometer*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1964.
- Midgley, Robert. *A New Treatise of Natural Philosophy*. Londres: J Hindmarsh, 1687.

- Mignolo, Walter D. *The Darker Side of the Renaissance: Literacy, Territoriality and Colonization*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 2010.
- Mill, John Stuart. *Principles of Political Economy*. Londres: Longmans, Green, 1909. [Hay traducción española: *Principios de economía política. Con algunas de sus aplicaciones a la filosofía social*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1951]
- Miller, DP. *James Watt, Chemist: Understanding the Origins of the Steam Age*. Londres: Pickering & Chatto, 2009.
- Milliet de Chales, Claude-François. *Cursus seu mundus mathematicus*. 3 vols. Lyon, 1674.; —, *Cursus seu mundus mathematicus*. 4 vols. Lyon, 1690.
- Milton, John R. «Laws of Nature». In *The Cambridge History of Seventeenth-century Philosophy*. 2 vols. Vol. 1. Ed. D Garber y M Ayers. Cambridge: Cambridge University Press, 1998: 680-701.; —, «The Origin and Development of the Concept of the "Laws of Nature"». *European Journal of Sociology* 22 (1981): 173-195.
- Minnis, AJ. *Medieval Theory of Authorship: Scholastic Literary Attitudes in the Later Middle Ages*. Aldershot: Wildwood House, 1988.
- Mirowski, Philip. «A Visible Hand in the Marketplace of Ideas: Precision Measurement as Arbitrage». *Science in Context* 7 (1994): 563-590.
- Mizauld, Antoine. *Cosmologia: Historiam coeli et mundi*. París: F Morellus, 1570.

- Moffitt, John F. *Painterly Perspective and Piety: Religious Uses of the Vanishing Point, From the 15th to the 18th Century*. Jefferson, NC: McFarland, 2008.
- Mokyr, Joel. *The Enlightened Economy: An Economic History of Britain, 1700-1850*. New Haven: Yale University Press, 2009.; —, *The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy*. Princeton: Princeton University Press, 2004. [Hay traducción española: *Los dones de Atenea. Los orígenes históricos de la economía del conocimiento*. Madrid: Marcial Pons, 2008]; —, «The Intellectual Origins of Modern Economic Growth». *Journal of Economic History* 65 (2005): 285-351.; —, *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. Nueva York: Oxford University Press, 1990. [Hay traducción española: *La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso económico*. Madrid: Alianza editorial, 1993]
- Montaigne, Michel de. *The Complete Essays*. Trad. MA Screech. Londres: Allen Lane, 1991. [Hay traducción española: *Ensayos*, 3 vols. Madrid: Cátedra, 1985-1987]; —, *Essays: Written in French*. Trad. J Florio. Londres: E Blovnt, 1613.; —, *Oeuvres complètes*. Ed. M Rat. París: Gallimard, 1962.
- Moore, George Edward. *A Defence of Common Sense*. Londres: Allen & Unwin, 1925. [Hay traducción española: *Defensa del sentido común y otros ensayos*. Esplugues de Llobregat: Orbis, 1983]

- Morando, Bruno. «The Golden Age of Celestial Mechanics». In *The General History of Astronomy*. 4 vols. Vol. 2B: *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics*. Ed. R Taton y C Wilson, 1995: 211-239.
- More, Henry. *Divine Dialogues, Containing Sundry Disquisitions and Instructions Concerning the Attributes and Providence of God*. Londres: J. Flesher, 1668.; —, *The Immortality of the Soul, So Farre Forth as It is Demonstrable from the Knowledge of Nature and the Light of Reason*. Londres: W Morden, 1659.
- Morison, Samuel Eliot. *Portuguese Voyages to America in the Fifteenth Century*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1940.
- Mornet, Daniel. *Les Origines intellectuelles de la Révolution française: 1715-1787*. París: Armand Colin, 1933. [Hay traducción española: *Los orígenes intelectuales de la Revolución Francesa*. Buenos Aires: Paidós, 1969]
- Mosley, Adam. *Bearing the Heavens: Tycho Brahe and the Astronomical Community of the Late Sixteenth Century*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- Muir, Edward. *The Culture Wars of the Late Renaissance*. Boston: Harvard University Press, 2007.
- Muraro, Luisa. *Giambattista della Porta, mago e scienziato*. Milán: Feltrinelli, 1978.
- Murdoch, John E. «Philosophy and the Enterprise of Science in the Later Middle Ages». In *The Interaction between Science and Philosophy*. Ed. Y Elkana. Atlantic Highlands, NJ: Humanities

- Press, 1974: 51-74.; —, «Pierre Duhem and the History of Late-Medieval Science and Philosophy in the Latin West». In *Gli studi di filosofia medievale fra otto e novecento*. Ed. A Maier y R Imbach. Roma: Edizioni di Storia e Letteratura, 1991: 253-302.
- Musson, AE y Eric Robinson. *Science and Technology in the Industrial Revolution*. Manchester: Manchester University Press, 1969.
 - Münster, Sebastian. *A Treatyse of the Newe India with Other New Founde Landes and Islandes*. Londres: E Sutton, 1553.
 - Nagel, Thomas. «What is It Like to be a Bat?» *The Philosophical Review* 83 (1974): 435-450.
 - Naudé, Gabriel. *Instructions Concerning Erecting of a Library Presented to My Lord, the President de Mesme*. Trad. J Evelyn. Londres: G. Bedle, 1661.
 - Needham, Joseph. «Human Laws and Laws of Nature in China and the West (I)». *Journal of the History of Ideas* 12 (1951): 3-30.; —, «Human Laws and Laws of Nature in China and the West (II)». *Journal of the History of Ideas* 12 (1951): 194-230.; —, *The Sceptical Biologist (Ten Essays)*. Londres: Chatto & Windus, 1929.; —, *The Shorter Science and Civilisation in China: An Abridgement*. Ed. Colin A Rowan. 5 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1978-1995.
 - Newcastle, Margaret Cavendish. *Philosophical Letters, or Modest Reflections upon Some Opinions in Natural Philosophy*. Londres: [s.n.], 1664.

- Newman, William Royall. *Atoms and Alchemy: Chymistry and the Experimental Origins of the Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2006.; —, «Brian Vickers on Alchemy and the Occult: A Response». *Perspectives on Science* 17 (2009): 482-506.; —, *Gehennical Fire*. Chicago: University of Chicago Press, 2003.; —, «How Not to Integrate the History and Philosophy of Science: A Reply to Chalmers». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 41 (2010): 203-213.; —, *Promethean Ambitions: Alchemy and the Quest to Perfect Nature*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.; —, «What Have We Learned from the Recent Historiography of Alchemy?» *Isis* 102 (2011): 313-321.
- Newman, William Royall and Lawrence M Principe. *Alchemy Tried in the Fire*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.; —, «Alchemy versus Chemistry: The Etymological Origins of a Historiographic Mistake». *Early Science and Medicine* 3 (1998): 32-65.
- Newton, Isaac. *The Correspondence of Isaac Newton*. Ed. HW Turnbull. 7 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1959-1977.; —, *Isaac Newton's Papers & Letters on Natural Philosophy and Related Documents*. Ed. IB Cohen. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1958.; —, «A Letter of Mr Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; Containing His New Theory about Light and Colors: Sent by the Author to the Publisher From Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in Order to be Communicated to the R.

Society». *Philosophical Transactions* 6 (1672): 3075-3087.; —, *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Trad. A Motte. 2 vols. Londres: B Motte, 1729. [Hay traducción española: *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Madrid: Alianza editorial, 1987]; —, *Opticks, or A Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light*. Londres: Samuel Smith, 1704. [Hay traducción española: *Óptica, o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Madrid: Alfaguara, 1977]; —, *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton: A Selection from the Portsmouth Collection in the University Library, Cambridge*. Ed. AR Hall y MB Hall. Cambridge: Cambridge University Press, 1962.

- Newton, Isaac y Roger Cotes. *Correspondence of Sir Isaac Newton and Professor Cotes*. Ed. J Edleston. Londres: JW Parker, 1850.
- Newton, Robert R. «The Authenticity of Ptolemy's Parallax Data – Part 1». *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 14 (1973): 367-388.
- Niceron, Jean François. *La Perspective curieuse*. París: Veuve F Langlois, 1652.
- Nicholl, Charles. *Leonardo da Vinci: The Flights of the Mind*. Londres: Allen Lane, 2004. [Hay traducción española: *Leonardo da Vinci. El vuelo de la mente*. Madrid: Taurus, 2005]
- Nield, Ted. *Incoming! Or, Why We Should Stop Worrying and Learn to Love the Meteorite*. Londres: Granta, 2011.

- Norman, Robert. *The New Attractive: Containing a Short Discourse of the Magnes or Lodestone*. Londres: R Ballard, 1581.
- North, John David. *God's Clockmaker: Richard of Wallingford and the Invention of Time*. Londres: Hambledon and London, 2005.
- Nummedal, Tara. *Alchemy and Authority in the Holy Roman Empire*. Chicago: University of Chicago Press, 2007.; —, «On the Utility of Alchemical Fraud». In *Chymists and Chymistry: Studies in the History of Alchemy and Early Modern Chemistry*. Ed. L Principe. Sagamore Beach, Mass.: Science History Publications, 2007: 173-180.
- Nye, Mary Jo. *Michael Polanyi and His Generation: Origins of the Social Construction of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.
- Oakley, Francis. «Christian Theology and the Newtonian Science: The Rise of the Concept of the Laws of Nature». *Church History* 30 (1961): 433-457.; —, *Natural Law, Laws of Nature, Natural Rights: Continuity and Discontinuity in the History of Ideas*. Nueva York: Continuum, 2005.
- Oberman, Heiko A. «Reformation and Revolution: Copernicus's Discovery in an Era of Change». In *The Cultural Context of Medieval Learning*. Ed. JE Murdoch y ED Sylla. Springer, 1975: 397-435.

- Ogborn, Miles y Charles WJ Withers. «Introduction: Book Geography, Book History». In *Geographies of the Book*. Ed. M Ogborn y CWJ Withers. Farnham: Ashgate, 2010: 1-25.
- Ogilvie, Brian W. *The Science of Describing: Natural History in Renaissance Europe*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
- O'Gorman, Edmundo. *The Invention of America: An Inquiry into the Historical Nature of the New World and the Meaning of Its History*. Bloomington: Indiana University Press, 1961. [Hay traducción española: *La invención de América. Investigación acerca de la estructura histórica del Nuevo Mundo y del sentido de su devenir*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1984]
- O'Grady, Paul. «Wittgenstein and Relativism». *International Journal of Philosophical Studies* 12 (2004): 315-337.
- Ong, Walter Jackson. *Orality and Literacy: The Technologizing of the World*. Londres: Routledge, 1982. [Hay traducción española: *Oralidad y escritura : tecnologías de la palabra*. México: Fondo de Cultura Económica, 1987]; —, *Ramus, Method and the Decay of Dialogue: From the Art of Discourse to the Art of Reason*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1958.
- Ophir, Adi y Steven Shapin. «The Place of Knowledge: A Methodological Survey». *Science in Context* 4 (1991): 3-21.
- Oresme, Nicholas. *Le Livre du ciel et du monde*. Ed. AD Menut. Madison: University of Wisconsin Press, 1968.; —, «*The Questiones de spera*» of Nicole Oresme: *Latin Text with English*

- Translation, Commentary and Variants*. Ed. G Droppers. Milwaukee, MI: University of Wisconsin, 1966.; —, *Traité de l'espère*. Ed. L McCarthy. Toronto: University of Toronto, 1943.
- Orgel, Stephen. *Impersonations: The Performance of Gender in Shakespeare's England*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
 - Osler, Margaret J. «John Locke and the Changing Ideal of Scientific Knowledge». *Journal of the History of Ideas* 31 (1970): 3-16.; — (ed.). *Rethinking the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
 - Owen, GEL. «*Tithenai ta phainomena*». [1967] In *Articles on Aristotle*. 4 vols. Vol. 1: *Science*. Ed. J Barnes, M Schofield y R Sorabji. Londres: Duckworth, 1975: 113-126.
 - Padoa, Alessandro. *La Logique déductive dans sa dernière phase de développement*. París: Gauthier-Villars, 1912.
 - Palingenius, Marcellus. *The Zodiake of Life*. Londres: R Newberye, 1565.; —, *The Zodiake of Life*. Ed. R Tuve y B Googe. Nueva York: Scholars' Facsimiles & Reprints, 1947.
 - Palisca, Claude V. «Vincenzo Galileo, scienziato sperimentale, mentore del figlio Galileo». *Nuncius* 15 (2000): 497-514.
 - Palmerino, Carla Rita. «Experiments, Mathematics, Physical Causes: How Mersenne Came to Doubt the Validity of Galileo's Law of Free Fall». *Perspectives on Science* 18 (2010): 50-76.
 - Palmieri, Paolo. «The Cognitive Development of Galileo's Theory of Buoyancy». *Archive for History of Exact Sciences* 59 (2005): 189-222.; —, «Galileo and the Discovery of the Phases of

- Venus». *Journal for the History of Astronomy* 32 (2001): 109-129.; —, «Re-examining Galileo's Theory of Tides». *Archive for History of Exact Sciences* 53 (1998): 223-375.
- Panofsky, Erwin. *Perspective as Symbolic Form*. Nueva York: Zone Books , 1991. [Hay traducción española: *La perspectiva como «forma simbólica»*. Barcelona: Tusquets, 1973]; —, *Renaissance and Renascences in Western Art*. Londres: Paladin, 1970. [Hay traducción española: *Renacimiento y renacimientos en el arte occidental*. Madrid: Alianza editorial, 1975]
 - Pantin, Isabel. «New Philosophy and Old Prejudices: Aspects of the Reception of Copernicanism in a Divided Europe». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 30 (1999): 237-262.
 - Papin, Denis. «An Account of an Experiment Shewn before the Royal Society, of Shooting by the Rarefaction of the Air». *Philosophical Transactions (1683-1775)* 16 (1686): 21-22.; —, *A Continuation of the New Digester of Bones, Its Improvements, and New Uses It Hath Been Applied to, Both for Sea and Land: Together with Some Improvements and New Uses of the Air—pump, Tryed Both in England and in Italy*. Londres: J Streater, 1687.; —, «A Demonstration of the Velocity wherewith the Air Rushes into an Exhausted Receiver, Lately Produced before the Royal Society». *Philosophical Transactions (1683-1775)* 16 (1686): 193-195.; —, *La Manière d'amolir les os*. Amsterdam: Desbordes, 1688.; —, *Nouvelle Manière pour élever l'eau par la force du feu mise en lumière*. Cassell: J Estienne, 1707.; —,

Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines. Kassel: JE Marchand, 1695.; —, *La Vie et les ouvrages de Denis Papin.* Ed. A Péan, LD Belenet y L de La Saussaye. 8 vols. Blois: C. Migault, 1894.

- Park, Katharine. «The Rediscovery of the Clitoris». In *The Body in Parts: Fantasies of Corporeality in Early Modern Europe.* Ed. D Hillman y C Mazzio. Nueva York: Routledge, 1997: 171-193.; —, «Response to Brian Vickers, "Francis Bacon, Feminist Historiography and the Dominion of Nature"». *Journal of the History of Ideas* 69 (2008): 143-146.
- Parker, Geoffrey. *The Army of Flanders and the Spanish Road, 1567-1659.* Cambridge: Cambridge University Press, 1972. [Hay traducción española: *El ejército de Flandes y el camino español, 1567-1659. La logística de la victoria y derrota de España en las guerras de los Países Bajos.* Madrid: Alianza editorial, 2000]
- Parker, Samuel. *Disputationes de Deo et providentia divina.* Londres: J Martyn, 1678.; —, *A Free and Impartial Censure of the Platonick Philosophie.* Oxford: R Davis, 1666.
- Parronchi, Alessandro. «Un tabernacolo brunelleschiano». In *Filippo Brunelleschi: La sua opera e il suo tempo.* Ed. G Soadolini. Florencia: Centro Di, 1980: 239-255.
- Parsons, Robert. *The Seconde Parte of the Booke of Christian Exercise.* Londres: S Waterson, 1590.
- Pascal, Blaise. *Les Provinciales.* Colonia: Pierre de la Vallée, 1657.; —, *Les Provinciales, or The Myserie of Jesuitisme.*

Londres: R Royston, 1657.; —, *Les Provinciales, or The Mystery of Jesuitisme*. Londres: R Royston, 1658.; —, *Oeuvres*. Ed. P Boutroux y L Brunschvicg. 14 vols. Vol. 2. París: Hachette, 1923-1925.; —, *Oeuvres complètes*. Ed. J Mesnard. 4 vols. Vol. 2. París: Desclée de Brouwer, 1964-1992. [Hay traducción española: *Obras: Pensamientos, provinciales, escritos científicos, opúsculos y cartas*. Madrid: Alfaguara, 1983]; —, *Pensées*. Trad. WF Trotter. Nueva York: EP Dutton, 1958. [Hay traducción española: *Pensamientos*. Barcelona: Planeta, 1986]; —, *The Physical Treatises of Pascal: The Equilibrium of Liquids and the Weight of the Mass of the Air*. Ed. IHB Spiers, AGH Spiers y F Barry. Nueva York: Columbia University Press, 1937.

- Passannante, Gerard Paul. *The Lucretian Renaissance: Philology and the Afterlife of Tradition*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.
- Patrick, Symon. *A Brief Account of the New Sect of Latitude-men*. Londres: [n.p.], 1662.
- Pecquet, Jean. *New Anatomical Experiments*. Londres: O Pulleyn, 1653.
- Peregrinus, Petrus. *Opera*. Ed. RB Thomson y L Sturlese. Pisa: Scuola Normale Superiore, 1995.
- Pesic, Peter. «Proteus Rebound – Reconsidering the “Torture of Nature”». *Isis* 99 (2008): 304-317.
- Peterson, Mark A. *Galileo’s Muse*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2011.

- Petty, William. *A Treatise of Taxes and Contributions*. Londres: N Brooke, 1662.
- Péan, Alonso y Louis de La Saussaye. *La Vie et les ouvrages de Denis Papin vol I*. París: Franck, 1869.
- Pérez-Ramos, Antonio. *Francis Bacon's Idea of Science and the Maker's Knowledge Tradition*. Oxford: Clarendon Press, 1988.
- Phillips, Derek L. *Wittgenstein and Scientific Knowledge: A Sociological Perspective*. Londres: Macmillan, 1977.
- Phillips, Jeremy. «The English Patent as a Reward for Invention: The Importation of an Idea». *Journal of Legal History* 3 (1982): 71-79.
- Picciotto, Joanna. *Labors of Innocence in Early Modern England*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2010.
- Piccolomini, Alessandro. *Della grandezza della terra et dell'acqua*. Venecia, 1558.; —, *De la sfera del mondo*. Venecia: Al Segno del Pozzo, 1540.; —, *La prima parte delle theoriche: overo speculationi de i pianeti*. Venecia: Varisco, 1558.
- Pickering, Andrew. *The Mangle of Practice: Time, Agency and Science*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- Pinch, Trevor J. *Confronting Nature: The Sociology of Solar-neutrino Detection*. Dordrecht: D Reidel, 1986.; —, «Kuhn – The Conservative and Radical Interpretations: Are Some Mertonians «Kuhnians» and Some Kuhnians «Mertonians»?» *Social Studies of Science* 27 (1997): 465-482.; —, «Opening Black Boxes: Science, Technology and Society». *Social Studies of Science* 22 (1992): 487-510.

- Pinch, Trevor J y Wiebe E Bijker. «The Social Construction of Facts and Artefacts». In *The Social Construction of Technological Systems*. Ed. WE Bijker, TP Hughes y TJ Pinch. MIT Press, 1987: 17-50.
- Pinto-Correia, Clara. *The Ovary of Eve: Egg and Sperm and Preformation*. Chicago: University of Chicago Press, 1997.
- Plinio el Viejo. *L'Histoire du monde*. Trad. A du Pinet. Lyon: C Senneton, 1562.; —, *Natural History*. Trad. H Rackham. 10 vols. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1938-1963. [Hay traducción española: *Historia natural*. Madrid: Gredos, 1995-2010]
- Plutarco. «The Face of the Moon». In *Moralia*. Vol. 11. Trad. H Cherniss y WC Helmbold. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957: 1-223. [Hay traducción española: *Obras morales*. Barcelona: Planeta-De Agostini, 1996]
- Polanyi, Michael. *Personal Knowledge: Towards a Post-critical Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press, 1958.
- Pomata, Gianna. «Observation Rising: Birth of an Epistemic Genre, 1500-1650». In *Histories of Scientific Observation*. Ed. E Lunbeck y LJ Daston. Chicago: University of Chicago Press, 2011: 44-80.
- Poovey, Mary. *A History of the Modern Fact: Problems of Knowledge in the Sciences of Wealth and Society*. Chicago: University of Chicago Press, 1998.
- Popkin, Richard H. *The History of Scepticism from Erasmus to Spinoza*. Berkeley: University of California Press, 1979. [Hay

- traducción española: *La historia del escepticismo desde Erasmo hasta Spinoza*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1983]
- Popper, Karl Raimund. *The Logic of Scientific Discovery*. Londres: Hutchinson, 1959. [Hay traducción española: *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos, 1962]; —, *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*. Oxford: Clarendon Press, 1972. [Hay traducción española: *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista*. Madrid: Tecnos, 1992]; —, *The Open Society and Its Enemies*. Londres: Routledge, 1945. [Hay traducción española: *La sociedad abierta y sus enemigos*. Barcelona: Paidós, 2006]
 - Popplow, Marcus. «Setting the World Machine in Motion: The Meaning of *Machina mundi* in the Middle Ages and the Early Modern Period». In *Mechanics and Cosmology in the Medieval and Early Modern Period*. Ed. M Bucciantini, M Camerota y S Roux. Florencia: LS Olschki, 2007: 45-70.
 - Porter, Roy. «The Scientific Revolution: A Spoke in the Wheel?». In *Revolution in History*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986: 290-316.; —, «The Scientific Revolution and Universities». In *A History of the University in Europe*. 4 vols. Vol. 2. Ed. W Rüegg. Cambridge: Cambridge University Press, 1996: 531-562.
 - Post, Heinz R. «Correspondence, Invariance and Heuristics: In Praise of Conservative Induction». *Studies in History and Philosophy of Science Part A 2* (1971): 213-255.

- Powell, Thomas. *The Passionate Poet. With a Description of the Thracian Ismarus. By T. P.* Londres: Valentine Simmes, 1601.
- Power, Henry. *Experimental Philosophy, in Three Books Containing New Experiments Microscopical, Mercurial, Magnetical.* Londres: J Martin, 1664.
- Powers, John C. «Ars sine arte: Nicholas Lemery and the End of Alchemy in Eighteenth-century France». *Ambix* 45 (1998): 163-189.
- Principe, Lawrence M. «Alchemy Restored». *Isis* 102 (2011): 305-312.; —, *The Aspiring Adept: Robert Boyle and His Alchemical Quest.* Princeton: Princeton University Press, 1998.; —, «Georges Pierre des Clozets, Robert Boyle, the Alchemical Patriarch of Antioch, and the Reunion of Christendom: Further New Sources». *Early Science and Medicine* 9 (2004): 307-320.; —, *The Scientific Revolution: A Very Short Introduction.* Oxford: Oxford University Press, 2011. [Hay traducción española: *La revolución científica. Una breve introducción.* Madrid: Alianza editorial, 2012]
- Principe, Lawrence M y Lloyd DeWitt. *Transmutations: Alchemy in Art.* Filadelfia: Chemical Heritage Foundation, 2002.
- Pritchard, Duncan. «Epistemic Relativism, Epistemic Incommensurability and Wittgensteinian Epistemology». In *Blackwell Companion to Relativism.* Ed. S Hales. Oxford: Blackwell, 2010: 266-285.
- Proclo y Euclides. *In primum Euclidis elementorum librum commentariorum.* Ed. F Barozzi. Padua: G Perchacinus, 1560.

- Psillos, Stathis. *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*. Londres: Routledge, 1999.
- Pugliese PJ. «The Scientific Achievement of Robert Hooke: Method and Mechanics». Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.
- Pumfrey, Stephen. «Harriot's Maps of the Moon: New Interpretations». *Notes and Records of the Royal Society* 63 (2009): 163-168.; —, *Latitude: The Magnetic Earth*. Cambridge: Icon, 2001.; —, «"O tempora, O mages!" A Sociological Analysis of the Discovery of Secular Magnetic Variation in 1634». *British Journal for the History of Science* 22 (1989): 181-214.; —, «The Selenographia of William Gilbert: His Pre-telescopic Map of the Moon and His Discovery of Lunar Libration». *Journal for the History of Astronomy* 42 (2011): 193-203.; —, «"Your Astronomers and Ours Differ Exceedingly": The Controversy over the "New Star" of 1572 in the Light of a Newly Discovered Text by Thomas Digges». *British Journal for the History of Science* 44 (2011): 29-60.
- Pumfrey, Stephen, Paul Rayson y John Mariani. «Experiments in 17th-century English: Manual versus Automatic Conceptual History». *Literary and Linguistic Computing* 27 (2012): 395-408.
- Purs, Ivo. «Anselmus Boëtius de Boodt, Pansophie und Alchemie». *Acta Comeniana* 18 (2004): 43-90.
- Putnam, Hilary. *Meaning and the Moral Sciences*. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1978. [Hay traducción española: *El significado y las ciencias Morales*. México DF: Universidad

- Nacional Autónoma de México, 1991]; —, *Mind, Language and Reality*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.
- Quine, Willard Van Orman. «A Comment on Grünbaum's Claim». In *Can Theories be Refuted?* Ed. SG Harding. Dordrecht: D Reidel, 1976: 132.; —, «Main Trends in Recent Philosophy: Two Dogmas of Empiricism». *Philosophical Review* 60 (1951): 20-43.
 - Quintiliano, Marco Fabio. *The Orator's Education*. Ed. DA Russell. 5 vols. Vol. 2. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2001. [Hay traducción española: *Instituciones oratorias*. Madrid: Hernando, 1942]
 - Rabb, Theodore K. «Religion and the Rise of Modern Science». *Past & Present* 31 (1965): 111-126.
 - Radelet de Grave, Patricia y D Speiser. «Le "De magnete" de Pierre de Maricourt. Traduction et commentaire». *Revue d'histoire des sciences* 28 (1975): 193-234.
 - Ragep, F Jamil. «Copernicus and His Islamic Predecessors: Some Historical Remarks». *History of Science* 45 (2007): 65-81.
 - Ramazzini, Bernardino y Robert St Clair. *The Abyssinian Philosophy Confuted, or Telluris theoria Neither Sacred, nor Agreeable to Reason*. Londres: W Newton, 1697.
 - Randall, John H. «The School of Padua and the Emergence of Modern Science». *Journal of the History of Ideas* 1 (1940): 177-206.
 - Randles, William Graham Lister. «The Atlantic in European Cartography and Culture from the Middle Ages to the

Renaissance [1992]». In *Geography, Cartography and Nautical Science in the Renaissance*. Aldershot: Ashgate, 2000: No. 2, 1-28.; —, «Classical Models of World Geography and Their Transformation Following the Discovery of America». In *The Classical Tradition and the Americas, Vol. 1: European Images of the Americas and the Classical Tradition*. Ed. W Haase y M Reinhold. Berlín: Walter de Gruyter, 1994: 5-76.; —, «The Evaluation of Columbus' "India" Project by Portuguese and Spanish Cosmographers in the Light of the Geographical Science of the Period». *Imago mundi* 42 (1990): 50-64.; —, *Geography, Cartography and Nautical Science in the Renaissance*. Aldershot: Ashgate, 2000.; —, «Le Nouveau Monde, l'autre monde et la pluralité des mondes» [1961]. In *Geography, Cartography and Nautical Science in the Renaissance*. Aldershot: Ashgate, 2000: No. 15, 1-39.; —, *De la Terre plate au globe terrestre: Une mutation épistémologique rapide (1480-1520)*. París: A Colin, 1980. [Hay traducción española: *De la tierra plana al globo terrestre. Una rápida mutación epistemológica, 1480-1520*. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1990]; —, *The Unmaking of the Medieval Christian Cosmos, 1500-1760: From Solid Heavens to Boundless Æther*. Aldershot: Ashgate, 1999.

- Ranea, Alberto Guillermo. «Theories, Rules and Calculations: Denis Papin Before and After the Controversy with G. W. Leibniz». In *Der Philosoph im U-Boot*. Ed. M. Kempe. Hanover: Gottfried Willhelm Leibniz Bibliothek, 2015: 59-83.

- Rapin, René. *Reflexions upon Ancient and Modern Philosophy*. Londres: W Cademan, 1678.
- Ravetz, Jerry y Richard S Westfall. «Marxism and the History of Science». *Isis* 72 (1981): 393-405.
- Rawson, Michael. «Discovering the Final Frontier: The Seventeenth-century Encounter with the Lunar Environment». *Environmental History* 20 (2015): 194-216.
- Ray, Meredith K. *Daughters of Alchemy: Women and Scientific Culture in Early Modern Italy*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 2015.
- Raynaud, Dominique. *L'Hypothèse d'Oxford: Essai sur les origines de la perspective*. París: Presses Universitaires de France, 1998.
- Redondi, Pietro. «La nave di Bruno e la pallottola di Galileo: Uno studio di iconografia della fisica». In *Il piacere del testo: saggi e studi per Albano Biondi*, Vol. 2. Ed. A Prosperi. Roma: Bulzoni, 2001: 285-363.
- Reiss, Timothy J y Roger H Hinderliter. «Money and Value in the Sixteenth Century: The *Monete cudende ratio* of Nicholas Copernicus». *Journal of the History of Ideas* 40 (1979): 293-313.
- Rey, Abel, Lucien Febvre y otros (eds.). *L'Outillage mental: Pensée, langage, mathématiques*. París: Société de gestion de l'Encyclopédie française, 1937.

- Rey, Anne-Lise. «The Controversy between Leibniz and Papin». In *The Practice of Reason: Leibniz and His Controversies*. Ed. M Dascal. Amsterdam: John Benjamins, 2010: 75-100.
- Reynolds, John. *Death's Vision Represented in a Philosophical, Sacred Poem*. Londres: J Osborn, 1713.
- Reynolds, Terry S. *Stronger than a Hundred Men: A History of the Vertical Water Wheel*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983.
- Rheticus, Georg Joachimus. *De libris revolutionum... Nicolai Copernici... Narratio Prima*. Gdansk: F Rhodus, 1540.
- Righter, Anne. *Shakespeare and the Idea of the Play*. Londres: Chatto & Windus, 1962.
- Riskin, Jessica. «The Defecating Duck, or The Ambiguous Origins of Artificial Life». *Critical Inquiry* 29 (2003): 599-633.
- Roche, John J. «Harriot, Galileo and Jupiter's Satellites». *Archives internationales d'histoire des sciences* 32 (1982): 9-51.
- Rohault, Jacques. *Traité de physique*. París: C Savreux, 1671.
- Rolt, L Tom C y JS Allen. *The Steam Engine of Thomas Newcomen*. Hartington: Moorland, 1977.
- Rorty, Richard (ed.). *The Linguistic Turn: Recent Essays in Philosophical Method*. Chicago: University of Chicago Press, 1967. [Hay traducción española: *El giro lingüístico. Dificultades metafísicas de la filosofía lingüística*. Barcelona: Paidós, 1990]; —, «Science as Solidarity». In *Objectivity, Relativism and Truth*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991: 35-45.; —, «Thomas Kuhn, Rocks and the Laws of Physics». In

Philosophy and Social Hope. Nueva York: Penguin Books, 1999: 175-189.

- Rose, Paul Lawrence. «Copernicus and Urbino: Remarks on Bernardino Baldi's *Vita di Niccolò Copernico* (1588)». *Isis* 65 (1974): 387-389.
- Rosen, Edward. «Copernicus and the Discovery of America». *The Hispanic American Historical Review* 23 (1943): 367-371.; —, *Copernicus and His Successors*. Londres: Hambledon Press, 1995.; — (ed.). *Three Copernican Treatises*. Nueva York: Dover Publications, 1959.; —, «Was Copernicus a Neoplatonist?». *Journal of the History of Ideas* 44 (1983): 667-669.
- Rosen, William. *The Most Powerful Idea in the World: A Story of Steam, Industry and Invention*. Nueva York: Random House, 2010.
- Rosenfeld, Sophia A. *Common Sense: A Political History*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2011.
- Rosenthal, Earl E. «The Invention of the Columnar Device of Emperor Charles V at the Court of Burgundy in Flanders in 1516». *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 36 (1973): 198-230.; —, «*Plus ultra, non plus ultra*, and the Columnar Device of Emperor Charles V». *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 34 (1971): 204-228.
- Röslin, Helisaeus. *De opere Dei creationis, seu De mundo hypotheses*. Fráncfort: A Wechel, 1597.
- Ross, Alexander. *Arcana microcosmi, or The Hid Secrets of Man's Body Discovered*. Londres: T Newcomb, 1652.

- Ross, Sydney. «Scientist: The Story of a Word». *Annals of Science* 18 (1962): 65-85.
- Rossi, Paolo. *The Birth of Modern Science*. Oxford: Blackwell, 2001. [Hay traducción española: *El Nacimiento de la ciencia moderna en Europa*. Barcelona: Crítica, 1998]; —, *Philosophy, Technology and the Arts in the Early Modern Era*. Trad. B Nelson. Nueva York: Harper & Row, 1970.
- Rotman, Brian. *Signifying Nothing: The Semiotics of Zero*. Stanford: Stanford University Press, 1993.
- Roux, Sophie. «Le Scepticisme et les hypothèses de la physique». *Revue de synthèse* 119 (1998): 211-255.
- Rowland, Ingrid D. *Giordano Bruno: Philosopher/Heretic*. Nueva York: Farrar, Straus and Giroux, 2008.
- Ruby, Jane E. «The Origins of Scientific "Law"». *Journal of the History of Ideas* 47 (1986): 341-359.
- Ruestow, Edward G. *The Microscope in the Dutch Republic: The Shaping of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- Russell, Bertrand. «Obituary: Ludwig Wittgenstein». *Mind* 60 (1951): 297-298.
- Russell, Jeffrey Burton. *Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Historians*. Nueva York: Praeger, 1991.
- Russell, JL. «Kepler's Laws of Planetary Motion: 1609-1666». *British Journal for the History of Science* 2 (1964): 1-24.
- Russo, Lucio. *The Forgotten Revolution: How Science was Born in 300 bc and Why It Had to be Reborn*. Berlín: Springer, 2004.

- Rybczynski, Witold. *One Good Turn: A Natural History of the Screwdriver and the Screw*. Londres: Scribner, 2000.
- Ryle, Gilbert. *The Concept of Mind*. Londres: Hutchinson University Library, 1949. [Hay traducción española: *El concepto de lo mental*. Barcelona: Paidós, 2005]
- Sabra, Al. «The Commentary that Saved the Text». *Early Science and Medicine* 12 (2007): 117-133.; —, *Theories of Light from Descartes to Newton*. Londres: Oldbourne, 1967.
- Sacrobosco, Johannes de. *Sphaera... in usum scholarum*. Leiden: Elzevir, 1647.; —, *Sphaera J. de Sacro Bosco typis auctior quam antehac*. París: G Cavellat, 1552.
- Sacrobosco, Johannes de, Georg von Peuerbach y otros. *Textus sphaerae Joannis de Sacro Busto*. Venecia: J Rubeus, 1508.
- Saliba, George. *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2007.
- Salusbury, Thomas (ed.). *Mathematical Collections and Translations*. Londres: W Leybourn, 1661.
- Sankey, Howard. «Kuhn's Changing Concept of Incommensurability». *British Journal for the Philosophy of Science* 44 (1993): 759-774.; —, «Taxonomic Incommensurability». *International Studies in the Philosophy of Science* 12 (1998): 7-16.
- Sarasohn, Lisa T. «Nicolas-Claude Fabri de Peiresc and the Patronage of the New Science in the Seventeenth Century». *Isis* 84 (1993): 70-90.

- Sargent, Rose-Mary. *The Diffident Naturalist: Robert Boyle and the Philosophy of Experiment*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- Sarnowsky, Jürgen. «Concepts of Impetus and the History of Mechanics». In *Mechanics and Natural Philosophy before the Scientific Revolution*. Ed. WR Laird y S Roux. Dordrecht: Springer, 2008: 121-145.; —, «The Defence of the Ptolemaic System in Late-Medieval Commentaries on Johannes de Sacrobosco's *De sphaera*». In *Mechanics and Cosmology in the Medieval and Early Modern Period*. Ed. M Bucciantini, M Camerota y S Roux. Florencia: LS Olschki, 2007: 29-44.
- Sarpi, Paolo. *Pensieri naturali, metafisici e matematici*. Ed. L Cozzi y L Sosio. Milán: R Ricciardi, 1996.
- Sarton, George. *The Study of the History of Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1936.
- Savery, Thomas. *Navigation Improv'd, or The Art of Rowing Ships of All Rates, in Calms, with a More Easy, Swift, and Steady Motion, Than Oars Can*. Londres: J Moxon, 1698.
- Sawday, Jonathan. *Engines of the Imagination: Renaissance Culture and the Rise of the Machine*. Londres: Routledge, 2007.
- Scaliger, Joseph Justus. *Opuscula varia ante hac non edita*. París: H Beys, 1610.
- Scarpa, Antonio. *Réflexions et observations anatomico-chirurgicales sur l'anéurisme*. París: Méquignon-Marvis, 1809.
- Schaffer, Simon. «Enlightened Automata». In *The Sciences in Enlightened Europe*. Ed. W Clark, J Golinski y S Schaffer.

Chicago: University of Chicago Press, 1999: 126-165.; —, «Glass Works: Newton's Prisms and the Uses of Experiment». In *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*. Ed. D Gooding, TJ Pinch y S Schaffer. Cambridge: Cambridge University Press, 1989: 67-104.; —, «Godly Men and Mechanical Philosophers: Souls and Spirits in Restoration Natural Philosophy». *Science in Context* 1 (1987): 53-85.; —, «Halley's Atheism and the End of the World». *Notes and Records of the Royal Society of London* 32 (1977): 17-40.; —, «Machine Philosophy: Demonstration Devices in Georgian Mechanics». *Osiris* 9 (1994): 157-182.; —, «Making Up Discovery». In *Dimensions of Creativity*. Ed. MA Boden. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1994: 13-51.; —, «Scientific Discoveries and the End of Natural Philosophy». *Social Studies of Science* 16 (1986): 387-420.; —, «The Show that Never Ends: Perpetual Motion in the Early Eighteenth Century». *British Journal for the History of Science* 28 (1995): 157-189.

- Schechner, Sara J. «Between Knowing and Doing: Mirrors and Their Imperfections in the Renaissance». *Early Science and Medicine* 10 (2005): 137-162.
- Schemmel, Matthias. *The English Galileo: Thomas Harriot's Work on Motion*. 2 vols. Dordrecht: Springer, 2008.
- Schiebinger, Londa L. *The Mind Has No Sex? Women in the Origins of Modern Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1989.

- Schimkat, Peter. «Denis Papin und die Luftpumpe». In *Denis Papin: Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*. Ed. F Tönsmann y H Schneider. Kassel: Euregioverlag, 2009: 50-67.
- Schmitt, Charles B. «Experience and Experiment: A Comparison of Zabarella's View with Galileo's in *De Motu*». *Studies in the Renaissance* 16 (1969): 80-138.
- Schneider, Christoph. *Disputatio physica de terræ motu*. Wittenberg: J Gorman, 1608.
- Schott, Gaspar. *Anatomia physico-hydrostatica fontium ac fluminum libris VI*. Wurzburg: JG Schönwetteri, 1663.; —, *Mechanica hydraulico-pneumatica... acc. experimentum novum Magdeburgicum, quo vacuum alij stabilire, alij evertere conantur...* Fráncfort: JG Schönwetteri, 1657.
- Schüssler, Rudolf. «Jean Gerson, Moral Certainty and the Renaissance of Ancient Scepticism». *Renaissance Studies* 23 (2009): 445-462.
- Schuster, John A. «Cartesian Physics». In *Oxford Handbook of the History of Physics*. Ed. JZ Buchwald y R Fox. Oxford: Oxford University Press, 2013: 56-95.; —, *Descartes-agonistes: Physico-mathematics, Method and Corpuscular-mechanism, 1618-1633*. Dordrecht: Springer, 2013.; —, «"Waterworld": Descartes' Vortical Celestial Mechanics». In *The Science of Nature in the Seventeenth Century*. Ed. PR Anstey y JA Schuster. Dordrecht: Springer, 2005: 35-79.

- Schuster, John A y Judit Brody. «Descartes and Sunspots: Matters of Fact and Systematizing Strategies in the *Principia philosophiae*». *Annals of Science* 70 (2013): 1-45.
- Schuster, John A y Alan BH Taylor. «Blind Trust: The Gentlemanly Origins of Experimental Science». *Social Studies of Science* 27 (1997): 503-536.
- Screech, Michael Andrew (ed.). *Montaigne's Annotated Copy of Lucretius: A Transcription and Study of the Manuscript, Notes and Pen-marks*. Ginebra: Droz, 1998.
- Searle, John R. *The Construction of Social Reality*. Nueva York: Free Press, 1995. [Hay traducción española: *La construcción de la realidad social*. Barcelona: Paidós, 1997]
- Secord, James A. «Knowledge in Transit». *Isis* 95 (2004): 654-672.; —, *Visions of Science: Books and Readers at the Dawn of the Victorian Age*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- Segre, Michael. «Torricelli's Correspondence on Ballistics». *Annals of Science* 40 (1983): 489-499.
- Sen, SN. «Al-Biruni on the Determination of Latitudes and Longitudes in India». *Indian Journal of History of Science* 10 (1975): 185-197.
- Séneca. *Seneca's Morals Abstracted*. Ed. R L'Estrange. Londres: T Newcomb, 1679. [Hay traducción española: *Tratados morales*. Madrid: Espasa-Calpe, 2009]
- Serene, Eileen F. «Robert Grosseteste on Induction and Demonstrative Science». *Synthèse* 40 (1979): 97-115.

- Serjeantson, Richard. «Francis Bacon and the “Interpretation of Nature” in the Late Renaissance». *Isis* 105 (2014): 681-705.; —, «Testimony and Proof in Early-modern England». *Studies in History and Philosophy of Science* 30 (1999): 195-236.
- Serlio, Sebastiano. *Libro primo [-quinto] d’architettura*. Venecia: Sessa Fratelli, 1559.
- Serrano, Juan D. «Trying Ursus: A Reappraisal of the Tycho—Ursus Priority Dispute». *Journal for the History of Astronomy* 44 (2013): 17-46.
- Severinus, Petrus. *Idea medicinae philosophicae, fundamenta continens totius doctrinae Paracelsicae, Hippocraticae, & Galenicae*. Basilea: S Henricpetrus, 1571.
- Sewell, Keith C. «The “Herbert Butterfield Problem” and its Resolution». *Journal of the History of Ideas* 64 (2003): 599-618.
- Shank, John Bennett. *The Newton Wars and the Beginning of the French Enlightenment*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.; —, «What Exactly was Torricelli’s Barometer?» In *Science in the Age of Baroque*. Ed. O Gal y R Chen-Morriz. Dordrecht: Springer, 2012: 161-195.
- Shank, Michael H. «Mechanical Thinking in European Astronomy (13th-15th Centuries)». In *Mechanics and Cosmology in the Medieval and Early Modern Period*. Ed. M Bucciantini, M Camerota y S Roux. Florencia: LS Olschki, 2007: 3-27.; —, «Setting Up Copernicus? Astronomy and Natural Philosophy in Giambattista Capuano da Manfredonia’s

Expositio on the Sphere. *Early Science and Medicine* 14 (2009): 290-315.

- Shapere, Dudley. «The Structure of Scientific Revolutions». *Philosophical Review* 73 (1964): 383-394.
- Shapin, Steven. «Cordelia's Love: Credibility and the Social Studies of Science». *Perspectives on Science* 3 (1995): 255-275.; —, «History of Science and Its Sociological Reconstructions». *History of Science* 20 (1982): 157-211.; —, «How to be Antiscientific». In *Never Pure: Historical Studies of Science*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2010: 32-46.; —, «The Invisible Technician». *American Scientist* 77 (1989): 554-563.; —, «Possessed by the Idols». *London Review of Books*, 30 November 2006.; —, «Pump and Circumstance: Robert Boyle's Literary Technology». *Social Studies of Science* 14 (1984): 481-520.; —, «Robert Boyle and Mathematics: Reality, Representation and Experimental Practice». *Science in Context* 2 (1988): 23-58.; —, *The Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 1996. [Hay traducción española: *La revolución científica. Una interpretación alternativa*. Barcelona: Paidós, 2000]; —, *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-century England*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.; —, «Understanding the Merton Thesis». *Isis* 79 (1988): 594-605.; —, «A View of Scientific Thought». *Science* 207 (1980): 1065-1066.
- Shapin, Steven and Simon Schaffer. *Leviathan and the Air—pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton:

Princeton University Press, 1985. [Hay traducción española: *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes Editorial, 2005]

- Shapiro, Alan E. «The Gradual Acceptance of Newton's Theory of Light and Color, 1672-1727». *Perspectives on Science* 4 (1996): 59-140.; —, «Introduction». In *The Optical Papers of Isaac Newton: The Optical Lectures 1670-1672*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984: 1-25.
- Shapiro, Barbara J. «The Concept "Fact": Legal Origins and Cultural Diffusion». *Albion* 26 (1994): 1-25.; —, *A Culture of Fact: England, 1550-1720*. Ithaca: Cornell University Press, 2000.; —, *John Wilkins, 1614-1672: An Intellectual Biography*. Berkeley: University of California Press, 1969.
- Sharratt, Michael. *Galileo: Decisive Innovator*. Oxford: Blackwell, 1994. [Hay traducción española: *Galileo. El desafío de la verdad*. Madrid: Temas de Hoy, 1996]
- Shaw, Peter. *A Treatise of Incurable Diseases*. Londres: J Roberts, 1723.
- Shea, James H. «Ole Rømer, the Speed of Light, the Apparent Period of Io, the Doppler Effect and the Dynamics of Earth and Jupiter». *American Journal of Physics* 66 (1998): 561-569.
- Shea, William R. *Designing Experiments and Games of Chance: The Unconventional Science of Blaise Pascal*. Canton, MA: Science History Publications, 2003.; —, *Galileo's Intellectual Revolution: Middle Period, 1610-1632*. Nueva York: Science

- History Publications, 1972. [Hay traducción española: *La revolución intelectual de Galileo*. Barcelona: Ariel, 1983]
- Sheppard, Samuel. *The Honest Lawyer*. Londres: Woodruffe, 1616.
 - Shirley, John William. *Thomas Harriot, a Biography*. Oxford: Clarendon Press, 1983.
 - Sills, David L y Robert K Merton. *International Encyclopedia of the Social Sciences: Social Science Quotations*. Nueva York: Macmillan, 1991. [Hay traducción española: *Enciclopedia internacional de las ciencias sociales*. Madrid: Aguilar, 1974-]
 - Simek, Rudolf. *Heaven and Earth in the Middle Ages: The Physical World before Columbus*. Woodbridge: Boydell Press, 1996.
 - Singer, Charles Joseph, A Rupert Hall y otros. *A History of Technology*. 8 vols. Oxford: Clarendon Press, 1954-1984.
 - Singer, Dorothea Waley y Giordano Bruno. *Giordano Bruno, His Life and Thought. With Annotated Translation of His Work on the Infinite Universe and Worlds*. Nueva York: Schuman, 1950.
 - Siraisi, Nancy G. *Communities of Learned Experience: Epistolary Medicine in the Renaissance*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013.; —, *Taddeo Alderotti and His Pupils: Two Generations of Italian Medical Learning*. Princeton: Princeton University Press, 1981.
 - Skinner, Quentin. «Classical Liberty and the Coming of the English Civil War». In *Republicanism: A Shared European*

Heritage. 2 vols. Vol. 2. Ed. M van Gelderen y Q Skinner. Cambridge: Cambridge University Press, 2002: 9-28.; —, «Meaning and Understanding in the History of Ideas». *History and Theory* 8 (1969): 3-53.; —, *Reason and Rhetoric in the Philosophy of Hobbes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.; —, *Visions of Politics*. 3 vols. Vol. 1: *Regarding Method*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

- Slack, Paul. «Government and Information in Seventeenth-century England». *Past and Present* 184 (2004): 33-68.; —, «Measuring the National Wealth in Seventeenth-century England». *Economic History Review* 57 (2004): 607-635.
- Slezak, Peter. «A Second Look at David Bloor's *Knowledge and Social Imagery*». *Philosophy of the Social Sciences* 24 (1994): 336-361.
- Smeaton, John. *An Experimental Enquiry Concerning the Natural Powers of Water and Wind to Turn Mills*. Londres: [n.p.], 1760.
- Smith, Alan. «A New Way of Raising Water by Fire: Denis Papin's Treatise of 1707 and Its Reception by Contemporaries». *History of Technology* 20 (1998): 139-181.
- Smith, AM. «Knowing Things Inside Out: The Scientific Revolution from a Medieval Perspective». *American Historical Review* 95 (1990): 726-744.
- Smith, Margaret M. «Printed Foliation: Forerunner to Printed Page-numbers?» *Gutenberg Jahrbuch* 63 (1988): 54-70.

- Smith, Pamela H. «Art, Science and Visual Culture in Early Modern Europe». *Isis* 97: (2006) 83-100.; —, *The Body of the Artisan: Art and Experience in the Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2006.; —, *The Business of Alchemy: Science and Culture in the Holy Roman Empire*. Princeton: Princeton University Press, 1994.; —, «Science on the Move: Recent Trends in the History of Early Modern Science». *Renaissance Quarterly* 62 (2009): 345-375.
- Smith, Robert W. «The Cambridge Network in Action: The Discovery of Neptune». *Isis* 80 (1989): 395-422.
- Snell, Bruno. «The Forging of a Language for Science in Ancient Greece». *Classical Journal* 56 (1960): 50-60.; —, «The Origin of Scientific Thought». In *The Discovery of the Mind: The Greek Origins of European Thought*. Trad. T Rosenmeyer. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1953: 227-245.
- Snobelen, Stephen D. «"God of Gods, and Lord of Lords": The Theology of Isaac Newton's General *Scholium* to the *Principia*». *Osiris* 16 (2001): 169-208.; —, «Isaac Newton, Heretic: The Strategies of a Nicodemite». *British Journal for the History of Science* 32 (1999): 381-419.; —, «The Myth of the Clockwork Universe». In *The Persistence of the Sacred in Modern Thought*. Ed. CL Firestone y N Jacobs. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 2012: 49-184.; —, «William Whiston, Isaac Newton and the Crisis of Publicity». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 35 (2004): 573-603.

- Snow, Charles Percy. *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1959. [Hay traducción española: *Las dos culturas y un segundo enfoque. Versión ampliada de Las dos culturas y la revolución científica*. Madrid: Alianza editorial, 1977]
- Snow, Vernon F. «The Concept of Revolution in Seventeenth-century England». *Historical Journal* 5 (1962): 167-174.
- Sobel, Dava. *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*. Nueva York: Walker, 1995. [Hay traducción española: *Longitud. La verdadera historia de un genio solitario que resolvió el mayor problema científico de su tiempo*. Madrid: Debate, 1998]
- Sokal, Alan D. *Beyond the Hoax: Science, Philosophy and Culture*. Oxford: Oxford University Press, 2008. [Hay traducción española: *Más allá de las imposturas intelectuales. Ciencia, filosofía y cultura*. Barcelona: Paidós, 2009]
- Soll, Jacob. *The Reckoning: Financial Accountability and the Making and Breaking of Nations*. Londres: Allen Lane, 2014.
- Spencer, John. *A Discourse Concerning Prodigies*. Cambridge: W Graves, 1663.
- Sprat, Thomas. *The History of the Royal-Society of London*. Londres: J Martyn, 1667.
- Stabile, Giorgio. «Il concetto di esperienza in Galilei e nella scuola galileiana». In *Experientia*. Ed. M Veneziani. Florencia: LS Olschki, 2002: 217-241.

- Standage, Tom. *The Turk: The Life and Times of the Famous Eighteenth-century Chess-playing Machine*. Nueva York: Walker, 2002.
- Stanford, P Kyle. *Exceeding Our Grasp: Science, History and the Problem of Unconceived Alternatives*. Oxford: Oxford University Press, 2010.
- Starkey, George. *Alchemical Laboratory Notebooks and Correspondence*. Ed. WR Newman y L Principe. Chicago: University of Chicago Press, 2004.; —, *Nature's Explication and Helmont's Vindication*. Londres: T Alsop, 1657.
- Steele, Brett D. «Muskets and Pendulums: Benjamin Robins, Leonhard Euler and the Ballistics Revolution». *Technology and Culture* 35 (1994): 348-382.
- Stein, Gertrude. *Everybody's Autobiography*. Nueva York: Random House, 1937.
- Steinle, F. «Negotiating Experiment, Reason and Theology: The Concept of Laws of Nature in the Early Royal Society». In *Ideals and Cultures of Knowledge in Early Modern Europe*. Ed. W Detel y K Zittel. Berlín: Akademie Verlag, 2002: 197-212.
- Steinle, F y Friedel Weinert. «The Amalgamation of a Concept: Laws of Nature in the New Sciences». In *Laws of Nature: Essays on the Philosophical, Scientific and Historical Dimensions*. Berlín: Walter de Gruyter, 1995: 316-368.
- Stewart, Larry. «A Meaning for Machines: Modernity, Utility and the Eighteenth-century British Public». *Journal of Modern History* 70 (1998): 259-294.; —, *The Rise of Public Science:*

Rhetoric, Technology and Natural Philosophy in Newtonian Britain, 1660-1750. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

- Stigler, Stephen M. «John Craig and the Probability of History: From the Death of Christ to the Birth of Laplace». *Journal of the American Statistical Association* 81 (1986): 879-887.; —, «Stigler's Law of Eponymy». *Transactions of the New York Academy of Sciences* 39 (1980): 147-157.
- Stone, Lawrence. *The Causes of the English Revolution, 1529-1642*. Nueva York: Harper & Row, 1972.
- Stubbe, Henry. *An Epistolary Discourse Concerning Phlebotomy*. Londres: [s.n.], 1671.
- Stubbes, John. *The Discoverie of a Gaping Gulf*. Londres: W Page, 1579.
- Sutton, Clive. «"Nullius in verba" and "nihil in verbis": Public Understanding of the Role of Language in Science». *British Journal for the History of Science* 27 (1994): 55-64.
- Sutton, Robert B. «The Phrase *Libertas philosophandi*». *Journal of the History of Ideas* 14 (1953): 310-316.
- Swerdlow, Noel M. «Copernicus and Astrology, with an Appendix of Translations of Primary Sources». *Perspectives on Science* 20 (2012): 353-378.; —, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory: A Translation of the *Commentariolus* with Commentary». *Proceedings of the American Philosophical Society* 117 (1973): 423-512.; —, «An Essay on Thomas Kuhn's First Scientific Revolution: *The*

Copernican Revolution». *American Philosophical Society Proceedings* 141 (2004): 64-120.; —, «Montucla's Legacy: The History of the Exact Sciences». *Journal of the History of Ideas* 54 (1993): 299-328.; —, «*Urania propitia, tabulae rudolphinae faciles redditae a Maria Cunitia* [Beneficent Urania, the Adaptation of the Rudolphine Tables by Maria Cunitz]». In *A Master of Science History*. Ed. JZ Buchwald. Dordrecht: Springer, 2012: 81-121.

- Swift, Jonathan. *Gulliver's Travels*. Ed. D Womersley. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. [Hay traducción española: *Los viajes de Gulliver*. Salsadella: Los Libros de Plon, 1982]; —, *On Poetry: A Rhapsody*. Londres: J Huggonson, 1733.; —, *A Tale of a Tub and Other Works*. Ed. M Walsh. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. [Hay traducción española: *Historia de una barrica. Seguido de La batalla entre los libros antiguos y modernos*. Barcelona: Labor, 1976]
- Tachau, Katherine H. *Vision and Certitude in the Age of Ockham*. Leiden: EJ Brill, 1988.
- Taisnier, Jean. *Opusculum perpetua memoria dignissimum: De natura magnetis, et eius effectibus*. Colonia: J Birckmannus, 1562.
- Tanturli, Giuliano. «Rapporti del Brunelleschi con gli ambienti letterari fiorentini». In *Filippo Brunelleschi: La sua opera e il suo tempo*. Ed. G Soadolini. Florencia: Centro Di, 1980: 125-144.

- Tarrant, Neil. «Giambattista della Porta and the Roman Inquisition». *British Journal for the History of Science* 46 (2013): 601-625.
- Tassoni, Alessandro. *Dieci libri di pensieri diversi*. Venecia: MA Brogiollo, 1627.
- Taylor, Eva Germaine Rimington. *The Haven-finding Art: A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*. Nueva York: American Elsevier, 1971.; —, *The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England*. Cambridge: Cambridge University Press, 1954.
- Tedeschi, John. «The Roman Inquisition and Witchcraft: An Early-seventeenth-century «Instruction» on Correct Trial Procedure». *Revue de l'histoire des religions* 200 (1983): 163-188.
- Temple, William. *Miscellanea. The Third Part: Containing: I. An Essay on Popular Discontents. II. A Defense of the Essay upon Antient and Modern Learning: With Some Other Pieces*. Ed. J Swift. Londres: B Tooke, 1701.
- Thomas, Keith. *The Ends of Life: Roads to Fulfilment in Early Modern England*. Oxford: Oxford University Press, 2009.; —, *Religion and the Decline of Magic: Studies in Popular Beliefs in Sixteenth-and Seventeenth-century England*. Londres: Weidenfeld & Nicolson, 1997.
- Thoren, Victor E. *Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

- Thorndike, Lynn. *A History of Magic and Experimental Science*. 8 vols. Nueva York: Columbia University Press, 1923-1958.; —, «Newness and Craving for Novelty in Seventeenth-century Science and Medicine». *Journal of the History of Ideas* 12 (1951): 584-558.; —, *Science and Thought in the Fifteenth Century*. Nueva York: Columbia University Press, 1929.; —, *The Sphere of Sacrobosco and Its Commentators*. Chicago: University of Chicago Press, 1949.
- Tilling, Laura. «Early Experimental Graphs». *British Journal for the History of Science* 8 (1975): 193-213.
- Tocqueville, Alexis de. *The Old Regime and the Revolution*. Trad. J Bonner. Nueva York: Harper & Brothers, 1856.
- Tolomei, Claudio, Lodovico Guicciardini y Giovanni Botero. *Tre discorsi appartenenti alla grandezza delle citta*. Roma: G Maratinelli, 1588.
- Tönsmann, Frank. «Wasserbauten und Schiffahrt in Hessen um 1700 und die Forschungen von Papin». In *Denis Papin: Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*. Ed. F Tönsmann y H Schneider. Kassel: Euregioverlag, 2009: 89-103.
- Tönsmann, Frank y Helmuth Schneider (eds.). *Denis Papin: Erfinder und Naturforscher in Hessen-Kassel*. Kassel: Euregioverlag, 2009.
- Topdemir, Hüseyin Gazi. «Kamal al-Din al-Farisi's Explanation of the Rainbow». *Humanity and Social Sciences Journal* 2 (2007): 75-85.

- Toscano, Fabio. *La formula segreta: Tartaglia, Cardano e il duello matematico che infiammò l'Italia del Rinascimento*. Milán: Sironi, 2009.
- Tosh, Nick. «Anachronism and Retrospective Explanation: In Defence of a Present-centred History of Science». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 34 (2003): 647-659.
- Trenchard, John y Thomas Gordon. *Cato's Letters, or Essays on Liberty, Civil and Religious, and Other Important Subjects*. Ed. R Hamowy. 4 en 2 vols. Vol. 3. Indianápolis: Liberty Fund, 1995.
- Trevor-Roper, Hugh R. «Nicholas Hill, the English Atomist». In *Catholics, Anglicans and Puritans: Seventeenth-century Essays*. Londres: Secker & Warburg, 1987: 1-39.; —, «The Religious Origins of the Enlightenment». In *Religion, the Reformation and Social Change*. Londres: Macmillan, 1967: 193-236.
- Trompf, Garry Winston. *The Idea of Historical Recurrence in Western Thought from Antiquity to the Reformation*. Berkeley: University of California Press, 1979.
- Trutfetter, Jodocus. *Summa in tota[m] physicen: Hoc est philosophiam naturalem conformiter siquidem ver[a]e sophi[a]e: que est theologia*. Erfurt: M Maler, 1514.; —, *Summa philosophiae naturalis contracta*. Erfurt: M Maler, 1517.
- Tuck, Richard. *Natural Rights Theories: Their Origin and Development*. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.; —, «Optics and Sceptics: The Philosophical Foundations of Hobbes's Political Thought». In *Conscience and Casuistry in*

Early Modern Europe. Ed. E Leites. Cambridge: Cambridge University Press, 1988: 235-263.

- Tunstall, Kate E y Denis Diderot. *Blindness and Enlightenment: An Essay*. Nueva York: Continuum, 2011.
- Turgot, Anne-Robert-Jacques. *Turgot on Progress, Sociology and Economics: A Philosophical Review of the Successive Advances of the Human Mind on Universal History [and] Reflections on the Formation and the Distribution of Wealth*. Ed. RL Meek. Cambridge: Cambridge University Press, 1973.
- Ugaglia, M. «The Science of Magnetism before Gilbert: Leonardo Garzoni's Treatise on the Loadstone». *Annals of Science* 63 (2006): 59-84.
- Valente, Michaela. «Della Porta e l'Inquisizione: Nuove documenti dell'archivio del Sant' Uffizio». *Bruniana e Campanelliana* 5 (1999): 415-434.
- Valenza, Robin. *Literature, Language and the Rise of the Intellectual Disciplines in Britain, 1680-1820*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- Vallisneri, Antonio. «Lezione accademica intorno all'origine delle fontane». In *Opere diverse*. Venecia: Ertz, 1715.
- Vanini, Giulio Cesare. *De admirandis naturae reginae deaeque mortalium arcanis*. París: A Perier, 1616.
- Vasari, Giorgio. *The Lives of the Artists. A Selection*. Trad. G Bull. Harmondsworth: Penguin Books, 1965. [Hay traducción española: *Vidas de los más excelentes pintores, escultores y arquitectos*. Barcelona: Éxito, 1960]

- Vaughan, MF. «An Unnoted Translation of Erasmus in Ascham's *Schoolmaster*». *Modern Philology* 75 (1977): 184-186.
- Virgilio, Polidoro. *An Abridgemen[t] of the Notable Worke of Polidore Virgile: Conteignyng the Devisers and Fyrst Fynders Out*. Trad. T Langley. Londres: R Grafton, 1546.; —, *On Discovery*. Ed. BP Copenhaver. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2002.; —, *A Pleasant and Compendious History of the First Inventers and Instituters of the Most Famous Arts, Misteries, Laws, Customs and Manners in the Whole World*. Trad. T Langley. Londres: J Harris, 1686.; —, *The Works of the Famous Antiquary, Polidore Vergil*. Londres: S Miller, 1663.
- Verlinden, Charles. «Lanzarotto Malocello et la découverte portugaise des Canaries». *Revue belge de philologie et d'histoire* 36 (1958): 1173-1209.
- Vickers, Brian. «Francis Bacon, Feminist Historiography and the Dominion of Nature». *Journal of the History of Ideas* 69 (2008): 117-141.; —, «The "New Historiography" and the Limits of Alchemy». *Annals of Science* 65 (2008): 127-156.
- Vitruvio Polión, Marco. *De architectura: libri dece*. Como: G da Ponte, 1521. [Hay traducción española: *Los diez libros de arquitectura*. Barcelona: Iberia, 1982]; —, *Zehen Bücher von der Architectur und Künstlichem Bawen*. Trad. GGH Rivius. Núremberg: Petreius, 1548.
- Vlastos, Gregory. «Wege und Formen frühgriechischen Denkens by Hermann Fränkel». *Gnomon* 31 (1959): 193-204.

- Vogel, Klaus A. «America: Begriff, geographische Konzeption und frühe Entdeckungsgeschichte in der Perspektive der deutschen Humanisten». In *Von der Weltkarte zum Kuriositätenkabinett: Amerika im deutschen Humanismus und Barock*. Ed. K Kohut. Fráncfort: Vervuert, 1995: 11-43.; —, «Cosmography». In *The Cambridge History of Science*. 7 vols. Vol. 3: *Early Modern Science*. Ed. K Park y LJ Daston. Cambridge: Cambridge University Press, 2006: 469-496.; —, «Das Problem der relativen Lage von Erd— und Wassersphäre im Mittelalter und die kosmographische Revolution». *Mitteilungen der österreichischen Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte* 13 (1993): 103-143.; —, *Sphaera terræ – das mittelalterliche Bild der Erde und die kosmographische Revolution*. Gotinga: University of Göttingen, 1995.
- Voltaire. *Letters Concerning the English Nation*. Londres: C Davis, 1733. [Hay traducción española: *Cartas filosóficas*. Madrid: Editora Nacional, 1976]; —, «*Micromégas*»: *A Study in the Fusion of Science, Myth, and Art*. Ed. I Wade. Princeton: Princeton University Press, 1950. [Hay traducción española: *Micromegas*. Madrid : Legasa, 1981]
- W., G. *The Modern States-man*. Londres: H Hill, 1653.
- Waard, Cornelis de. *L'Expérience barométrique, ses antécédents et ses explications, étude historique*. Thouars: Impr. Nouvelle, 1936.

- Wagner, David Leslie. *The Seven Liberal Arts in the Middle Ages*. Bloomington: Indiana University Press, 1983.
- Waldseemüller, Martin. *The Cosmographiæ introductio of Martin Waldseemüller in Facsimile Followed by the Four Voyages of Amerigo Vespuccio, with Their Translation into English*. Ed. CG Herbermann. Nueva York: United States Catholic Historical Society, 1907.
- Wallace, Anthony FC. *The Social Context of Innovation: Bureaucrats, Families and Heroes in the Early Industrial Revolution*. Princeton: Princeton University Press, 1982.
- Wallis, Helen. «What Columbus Knew». *History Today* 42 (1992): 17-23.
- Wallis, John. «An Essay of Dr John Wallis, Exhibiting His Hypothesis about the Flux and Reflux of the Sea». *Philosophical Transactions* 1 (1666): 263-281.
- Walsham, Alexandra. «The Reformation and "The Disenchantment of the World" Reassessed». *Historical Journal* 51 (2008): 497-528.
- Walton, Steven A. *Wind and Water in the Middle Ages: Fluid Technologies from Antiquity to the Renaissance*. Tempe, AZ: ACMRS, 2006.
- Washburn, Wilcomb E. «The Meaning of "Discovery" in the Fifteenth and Sixteenth Centuries». *American Historical Review* 68 (1962): 1-21.

- Waters, David W. «Nautical Astronomy and the Problem of Longitude». In *The Uses of science in the Age of Newton*. Ed. JG Burke. Berkeley: University of California Press, 1983: 143-169.
- Watson, James D. *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. Londres: Weidenfeld & Nicolson, 1968. [Hay traducción española: *La doble hélice*. Barcelona: RBA, 2004]
- Weber, Eugen. *Peasants into Frenchmen: The Modernization of Rural France 1870-1914*. Stanford: Stanford University Press, 1976.
- Weber, Max. *The Vocation Lectures*. Ed. TB Strong y DS Owen. Trad. R Livingstone. Indianápolis: Hackett, 2004.
- Webster, Charles. «The Discovery of Boyle's Law, and the Concept of the Elasticity of Air in the Seventeenth Century». *Archive for History of Exact Sciences* 2 (1965): 441-502.; —, *The Great Instauration: Science, Medicine and Reform, 1626-1660*. Londres: Duckworth, 1975.; —, «Henry More and Descartes, Some New Sources». *British Journal for the History of Science* 4 (1969): 359-377.; —, «Henry Power's Experimental Philosophy». *Ambix* 14 (1967): 150-178.; — (ed.). *The Intellectual Revolution of the Seventeenth Century*. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1974.; —, «New Light on the Invisible College: The Social Relations of English Science in the Mid-seventeenth Century». *Transactions of the Royal Historical Society (Fifth Series)* 24 (1974): 19-42.; —, «William Harvey's Conception of the Heart

- as a Pump». *Bulletin of the History of Medicine* 39 (1965): 508-517.
- Webster, John. *The Displaying of Supposed Witchcraft*. Londres: JM, 1677.
 - Weeks, Sophie. «Francis Bacon and the Art—Nature Distinction». *Ambix* 54 (2007): 117-145.; —, «The Role of Mechanics in Francis Bacon's *Great Instauration*». In *Philosophies of Technology: Francis Bacon and His Contemporaries*. Ed. C Zittel, G Engel, R Nanni y N Karafyllis. Leiden: Brill, 2008: 133-197.
 - Weinberg, Steven. *To Explain the World: The Discovery of Modern Science*. 2015.; —, «Sokal's Hoax». *New York Review of Books*, 8 August 1996.
 - Weiner, Stephen A. «The Civil Jury Trial and the Law-Fact Distinction». *California Law Review* 54 (1966): 1867-1938.
 - Weld, Charles Richard. *A History of the Royal Society, with Memories of the Presidents*. 2 vols. Londres: JW Parker, 1848.
 - Wengenroth, Ulrich. «Science, Technology and Industry». In *From Natural Philosophy to the Sciences: Writing the History of Nineteenth-century Science*. Ed. D Cahan. Chicago: University of Chicago Press, 2003: 221-253.
 - Wesley, Walter G. «The Accuracy of Tycho Brahe's Instruments». *Journal for the History of Astronomy* 9 (1978): 42-53.
 - Westfall, Richard S. «The Development of Newton's Theory of Color». *Isis* (1962): 339-358.; —, *Never at Rest: A Biography of*

- Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.; —, «Newton and the Fudge Factor». *Science* 179 (1973): 751-758.; —, «Science and Technology during the Scientific Revolution: An Empirical Approach». In *Renaissance and Revolution. Humanists, Scholars, Craftsmen and Natural Philosophers in Early Modern Europe*. Ed. JV Field y FA James. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 63-72.; —, «The Scientific Revolution Reasserted». In *Rethinking the Scientific Revolution*. Ed. M Osler. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 41-55.; —, «Unpublished Boyle Papers Relating to Scientific Method: I». *Annals of Science* 12 (1956): 63-73.
- Westman, Robert S. *The Copernican Question: Prognostication, Skepticism and Celestial Order*. Berkeley: University of California Press, 2011.; —, «The Copernican Question Revisited: A Reply to Noel Swerdlow and John Heilbron». *Perspectives on Science* 21 (2013): 100-136.
 - Westman, Robert S y JE McGuire. *Hermeticism and the Scientific Revolution*. Los Angeles: William Andrews Clark Memorial Library, 1977.
 - Westrum, Ron. «Science and Social Intelligence about Anomalies: The Case of Meteorites». *Social Studies of Science* 8 (1978): 461-493.
 - Whewell, William. «On the Connexion of the Physical Sciences». *Quarterly Review* 51 (1834): 54-68.; —, *The Philosophy of the Inductive Sciences, Founded upon Their History*. 2 vols. Londres: John W Parker, 1840.

- White, Gilbert. *The Natural History and Antiquities of Selborne, in the County of Southampton*. Londres: B White, 1789.
- White, John. *The Birth and Rebirth of Pictorial Space*. Cambridge, Mass.: Belknap Press, 1987.
- White, Lynn Townsend. «The Medieval Roots of Modern Technology and Science» [1963]. In *Medieval Religion and Technology: Collected Essays*. Berkeley: University of California Press, 1978: 75-91.
- Whitley, Richard. «Black Boxism and the Sociology of Science: A Discussion of the Major Developments in the Field». *Sociological Review* 18 (1970): 61-92.
- Wierzbicka, Anna. *Experience, Evidence and Sense: The Hidden Cultural Legacy of English*. Oxford: Oxford University Press, 2010.
- Wigelsworth, Jeffrey R. *Selling Science in the Age of Newton: Advertising and the Commoditization of Knowledge*. Farnham: Ashgate, 2011.
- Wilding, Nick. *Galileo's Idol: Gianfrancesco Sagredo and the Politics of Knowledge*. Chicago: University of Chicago Press, 2014.; —, «The Return of Thomas Salusbury's Life of Galileo (1664)». *British Journal for the History of Science* 41 (2008): 241-265.
- Wilkins, John. *A Discourse Concerning a New World and Another Planet*. Londres: J Maynard, 1640.; —, *An Essay towards a Real Character, and a Philosophical Language*. Londres: S Gellibrand, 1668.; —, *Mathematicall Magick*.

Londres: S Gellibrand, 1648.; —, *Of the Principles and Duties of Natural Religion*. Londres: T Basset, 1675.

- Williams, Bernard. *Essays and Reviews, 1959-2002*. Princeton: Princeton University Press, 2014.; —, «Wittgenstein and Idealism». *Royal Institute of Philosophy Lectures 7* (1973): 76-95.
- Williams, Glyndwr. *Voyages of Delusion: The Quest for the Northwest Passage*. New Haven: Yale University Press, 2002.
- Willmoth, Frances. «Römer, Flamsteed, Cassini and the Speed of Light». *Centaurus* 54 (2012): 39-57.
- Wilson, Adrian y Timothy G Ashplant. «Whig History and Present-centred History». *Historical Journal* 31 (1988): 1-16.
- Wilson, Bryan R (ed.). *Rationality*. Oxford: Blackwell, 1970.
- Wilson, Catherine. *The Invisible World: Early Modern Philosophy and the Invention of the Microscope*. Princeton: Princeton University Press, 1995.; —, «From Limits to Laws: The Construction of the Nomological Image of Nature in Early Modern Philosophy». In *Natural Law and Laws of Nature in Early Modern Europe*. Ed. LJ Daston y M Stolleis. Farnham: Ashgate, 2008: 13-28.
- Wilson, Curtis A. «From Kepler's Laws, So-called, to Universal Gravitation: Empirical Factors». *Archive for History of Exact Sciences* 6 (1970): 89-170.
- Wilson, G. «On the Early History of the Air-pump in England». *Edinburgh New Philosophy Journal* 46 (1849): 330-354.

- Winch, Peter. *The Idea of a Social Science and Its Relation to Philosophy*. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1958. [Hay traducción española: *Ciencia social y filosofía*. Buenos Aires: Amorrortu, 1972]
- Wintzer, E. *Denis Papins Erlebnisse in Marburg, 1688-1695*. Marburgo: N Elwert, 1898.
- Withington, Phil. *Society in Early Modern England*. Cambridge: Polity, 2010.
- Wittgenstein, Ludwig. *On Certainty*. Ed. GEM Anscombe y GHV Wright. Oxford: Blackwell, 1969. [Hay traducción española: *Sobre la certeza*. Barcelona: Gedisa, 1995]; —, *Philosophical Investigations*. Oxford: Blackwell, 1953. [Hay traducción española: *Investigaciones filosóficas*. Barcelona: Crítica, 1988]; —, «Remarks on Frazer's Golden Bough». In *Philosophical Occasions, 1912-1951*. Ed. JC Klagge y A Nordmann. Indianápolis: Hackett, 1993: 115-155.; —, *Tractatus Logico-Philosophicus*. Londres: Kegan Paul, Trench, Trubner, 1933. [Hay traducción española: *Tractatus Logico-Philosophicus*. Madrid: Alianza editorial, 1987]
- Wolper, Roy S. «The Rhetoric of Gunpowder and the Idea of Progress». *Journal of the History of Ideas* 31 (1970): 589-598.
- Womersley, David. «Dean Swift Hears a Sermon: Robert Howard's Ash Wednesday Sermon of 1725 and *Gulliver's Travels*». *Review of English Studies* 60 (2009): 744-762.

- Wood, Paul B. «Methodology and Apologetics: Thomas Sprat's History of the Royal Society». *British Journal for the History of Science* 13 (1980): 1-26.
- Woodward, David (ed.). *The History of Cartography*. 6 vols. Vol. 3: *Cartography in the European Renaissance*. Chicago: University of Chicago Press, 2007.; —, «The Image of the Spherical Earth». *Perspecta* 25 (1989): 2-15.
- Woodward, John. *Dr Friend's Epistle to Dr Mead*. Londres: J Roberts, 1719.
- Wootton, David. «Accuracy and Galileo: A Case Study in Quantification and the Scientific Revolution». *Journal of The Historical Society* 10 (2010): 43-55.; —, *Bad Medicine: Doctors Doing Harm Since Hippocrates*. Oxford: Oxford University Press, 2006.; —, «Galileo: Reflections on Failure». In *Causation and Modern Philosophy*. Ed. K Allen y T Stoneham. Routledge, 2011: 13-30.; —, *Galileo: Watcher of the Skies*. New Haven: Yale University Press, 2010.; —, «The Hard Look Back». *Times Literary Supplement* 14 (2003): 8-10.; —, «Hume's "Of Miracles": Probability and Irreligion». In *Studies in the Philosophy of the Scottish Enlightenment*. Ed. MA Stewart. Oxford: Oxford University Press, 1990: 191-229.; —, «Hutchinson, Francis». In *Encyclopedia of Witchcraft: The Western Tradition*. 4 vols. Vol. 2. Ed. RM Golden. Santa Barbara: ABC-CLIO, 2006: 531-532.; —, «Liberty, Metaphor and Mechanism: «Checks and Balances» and the Origins of Modern Constitutionalism». In *Liberty and American Experience*

- in the Eighteenth Century*. Ed. D Womersley. Indianápolis: Liberty Fund, 2006: 209-274.; —, «Lucien Febvre and the Problem of Unbelief». *Journal of Modern History* 60 (1988): 695-730.
- Wotton, William. *A Defense of the Reflections upon Ancient and Modern Learning*. Londres: Goodwin, 1705.; —, *Reflections upon Ancient and Modern Learning*. Londres: P Buck, 1694.
 - Wotton, William y Richard Bentley. *Reflections upon Ancient and Modern Learning. The Second Part, with a Dissertation upon the Epistles of Phalaris*. Londres: PB, 1698.
 - Wright, John Kirtland. *The Geographical Lore of the Time of the Crusades*. Nueva York: American Geographical Society, 1925.
 - Wussing, Hans. *Die grosse Erneuerung: Zur Geschichte der wissenschaftlichen Revolution*. Basilea: Birkhäuser, 2002.
 - Yates, Frances Amelia. *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*. Chicago: University of Chicago Press, 1991. [Hay traducción española: *Giordano Bruno y la tradición hermética*. Barcelona: Ariel, 1983]
 - Yeomans, Donald K, Juergen Rahe y Ruth S Freitag. «The History of Comet Halley». *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 80 (1986): 62-86.
 - Yiu, Yvonne. «The Mirror and Painting in Early Renaissance Texts». *Early Science and Medicine* 10 (2005): 187-210.
 - Yolton, John W. *Thinking Matter: Materialism in Eighteenth-century Britain*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1983.

- Zambelli, Paola. «Introduzione». In Alexandre Koyré, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*. Turín: Einaudi, 1967: 7-46.
- Zammito, John H. *A Nice Derangement of Epistemes: Post-positivism in the Study of Science from Quine to Latour*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- Zanden, Jan Luiten van. *The Long Road to the Industrial Revolution*. Leiden: Brill, 2009.
- Zarlino, Gioseffo. *Dimostrazioni harmoniche*. Venecia: Francesco de i Franceschi, 1571.
- Zhmud, Leonid. *The Origin of the History of Science in Classical Antiquity*. Trad. A Chernoglazov. Berlín: Walter de Gruyter, 2006.
- Zilsel, Edgar. «The Genesis of the Concept of Scientific Progress». *Journal of the History of Ideas* 6 (1945): 325-349.; —, «The Origin of William Gilbert's Scientific Method». *Journal of the History of Ideas* 2 (1941): 1-32.; —, «The Sociological Roots of Science». *American Journal of Sociology* 47 (1942): 544-562.

Láminas



Lámina 1. Una imagen renacentista de Aristóteles, de *El triunfo de Santo Tomás de Aquino* (1471), de Benozzo Gozzoli. El libro que sostiene Aristóteles es su *Metafísica*; el texto, traducido, dice: «Una señal de los que saben es que pueden enseñar». Hasta la Revolución Científica, se consideraba que Aristóteles, junto con Galeno y Ptolomeo, eran la base de todo el conocimiento del mundo natural, y en las universidades continuó siendo la base de la enseñanza hasta finales del siglo XVII. (Louvre, París, Francia/Bridgeman Images).



Lámina 2. Ricardo de Wallingford (1292-1335) construyendo un instrumento matemático, probablemente un astrolabio, de la History of the Abbots of St Albans. Richard, un matemático de Oxford y abad de Saint Albans, construyó instrumentos complejos y diseñó un reloj importante. Era lo más parecido que el mundo medieval tenía a lo que llamaríamos un científico; sin embargo, suponía que se podían emplear las matemáticas para interpretar los cielos, pero no el mundo sublunar, y no tenía ninguna idea del método experimental. Su cara está manchada con lo que sus contemporáneos creían que era lepra. (© The British Library Board, Londres; Cotton Claudius E. IV, f.201).

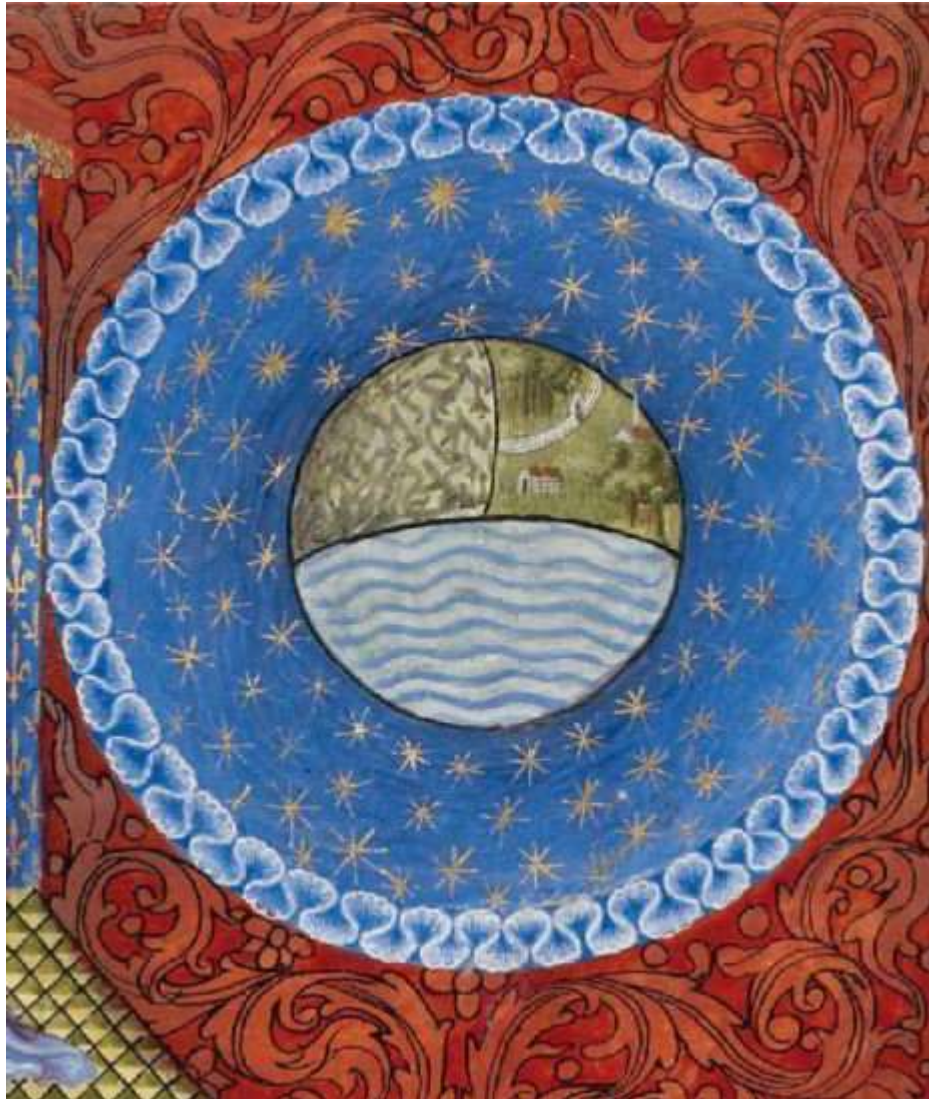


Lámina 3. La tierra tal como se concebía en el manuscrito de Oresme Du ciel et du monde (1377). Oresme se tomó en serio la idea de una tierra que giraba, y en esto prefigura a Copérnico. La tierra flota en el espacio; una cuarta parte de la esfera es habitable, pero la mitad de ella está cubierta de agua, y la cuarta parte restante representa terra o aqua incognita. En su conjunto, tierra y agua constituyen lo que parece un globo único, aunque en realidad son esferas distintas con centros diferentes. En consecuencia, aunque Oresme puede pensar que este globo gira, no puede permitir la posibilidad de antípodas (áreas de tierra separadas por 180°) excepto a lo largo del ecuador. (Bibliothèque Nationale de France).

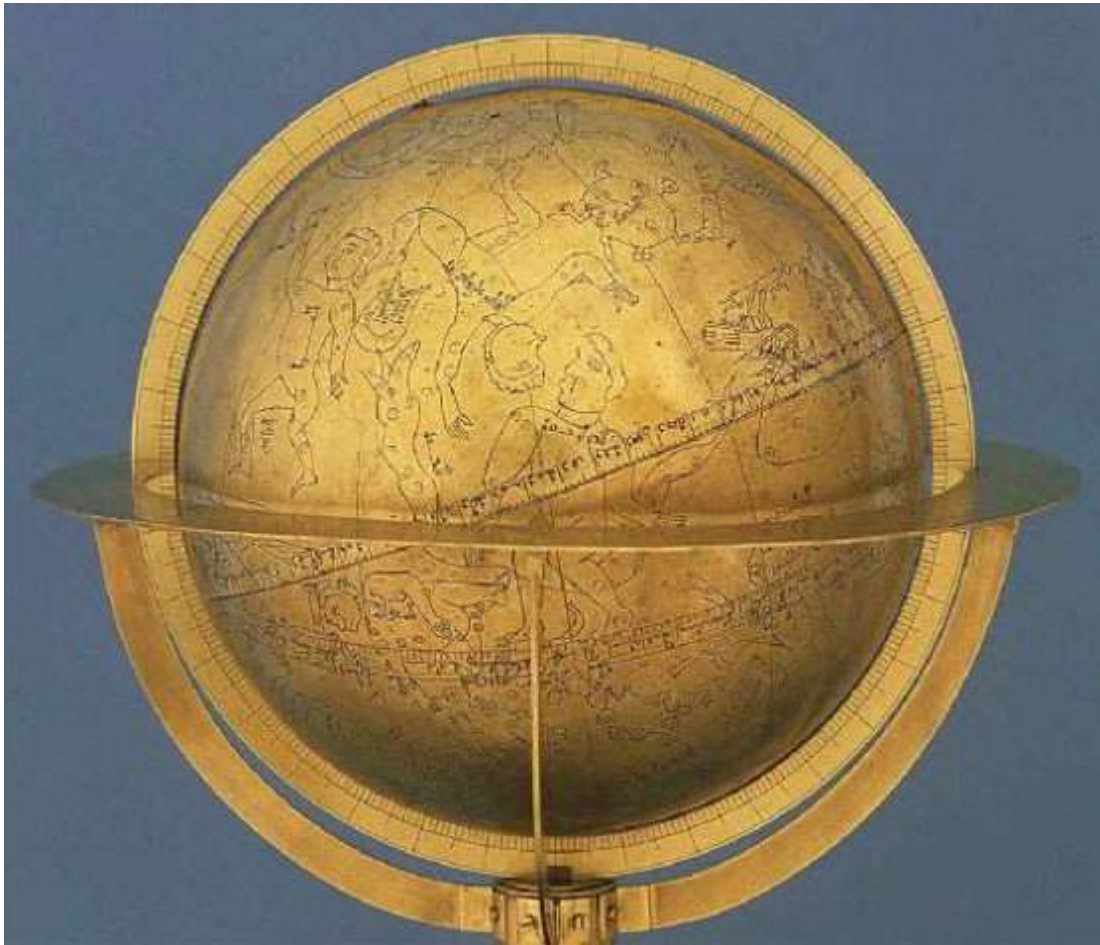


Lámina 4. El globo celeste más antiguo que se conserva, construido en Valencia por Ibrahim ibn Said a-Sahli y su hijo Muhammad en el año 478 de la hégira (1085 de la era cristiana). La astronomía árabe era muy sofisticada, equiparable al menos a cualquier astronomía occidental hasta Copérnico; de hecho, puede ser que Copérnico utilizara soluciones técnicas concebidas por astrónomos árabes. (Museo Galileo Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florencia).



Lámina 5. Un ecuatorio y astrolabio de finales del siglo XV. El ecuatorio (arriba) permite calcular las posiciones de la luna (utilizando uno de los círculos interiores), de Mercurio y Venus (utilizando otro) y de Marte, Saturno y Júpiter (con el tercero). Habría sido utilizado principalmente para la astrología. El astrolabio en la otra cara (abajo) calcula la posición del sol, da la hora a partir de la posición del sol en el cielo (si se conoce la latitud) o establece la latitud a partir de la altura del sol a mediodía, muestra qué estrellas serán visibles en cualquier momento dado y determina la dirección del norte verdadero. Este magnífico instrumento debió de pertenecer a un matemático que, a menos que viajara, lo habría usado para saber la hora. Tales instrumentos, por bien

construidos que estuvieran, no podían realizar mediciones o cálculos lo bastante exactos para comprobar los límites de la astronomía ptolemaica. (Museum of the History of Science, Oxford).



Lámina 6. El mapamundi de Waldseemüller, de 1507, el primero que incluía el nombre «América», el primero que mostraba el Nuevo Mundo, efectivamente, como un nuevo continente, y el primero en mostrar antípodas. Este mapa fue crucial para refutar la teoría de las dos esferas y para hacer posible el copernicanismo. En la parte superior aparecen las figuras de Ptolomeo (con un mapa del Viejo Mundo) y de Vespucio (con un mapa del Nuevo). (Library of Congress, EE. UU.).







Lámina 7. Los sistemas ptolemaico, copernicano y ticónico, de la *Harmonia macrocosmica* (1660) de Andreas Cellarius, un atlas de mapas estelares. El sistema ptolemaico (página anterior, arriba) muestra la tierra en el centro, con, hacia fuera, las esferas del aire, el fuego, la luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno y los signos del zodíaco. El sistema copernicano (página anterior, abajo) muestra el Sol en el centro, con, hacia fuera, Mercurio, Venus, la Tierra y la Luna, Marte, Júpiter y sus lunas, Saturno y las estrellas fijas. El sistema ticónico (arriba) muestra la Luna y el Sol orbitando alrededor de la tierra, y los planetas (también se muestran las lunas de Júpiter) orbitando alrededor del Sol, pero el texto sugiere que la órbita de los planetas exteriores no es alrededor del Sol, sino de la tierra; en realidad, se trata de dos versiones alternativas del sistema. En estas fechas, el sistema ptolemaico era de interés histórico (que es la razón por la que no se había puesto al día con la incorporación de las lunas de

Júpiter), pero tanto el sistema copernicano como el ticonico tenían sus defensores.

(© The British Library Board, Londres).



Lámina 8. El Compasso geometrico et militare de Galileo. Mientras enseñaba en la Universidad de Padua, Galileo consiguió importantes ingresos enseñando a jóvenes caballeros cómo utilizar el compasso (el compás de proporciones, o militar). Instrumentos de este tipo general eran comunes a principios del siglo XVII, pero los de Galileo eran construidos especialmente para él y eran quizá los más sofisticados. Se les podía fijar un dispositivo de visión para medir la elevación de objetos a una cierta distancia; se les podía adjuntar una plomada para medir el ángulo de elevación de la caña de un cañón; y las escalas de los brazos podían usarse para cálculos matemáticos, como convertir una moneda en otra o un volumen de madera en metros de tablones. Así, el sector de Galileo era un teodolito primitivo, regla de cálculo y transportador, todo en uno. De la misma manera que el astrolabio encarna la aplicación medieval de las matemáticas a los cielos, el sector ejemplifica las nuevas habilidades técnicas del matemático que se aplica al mundo. (Museo Galileo Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florencia).

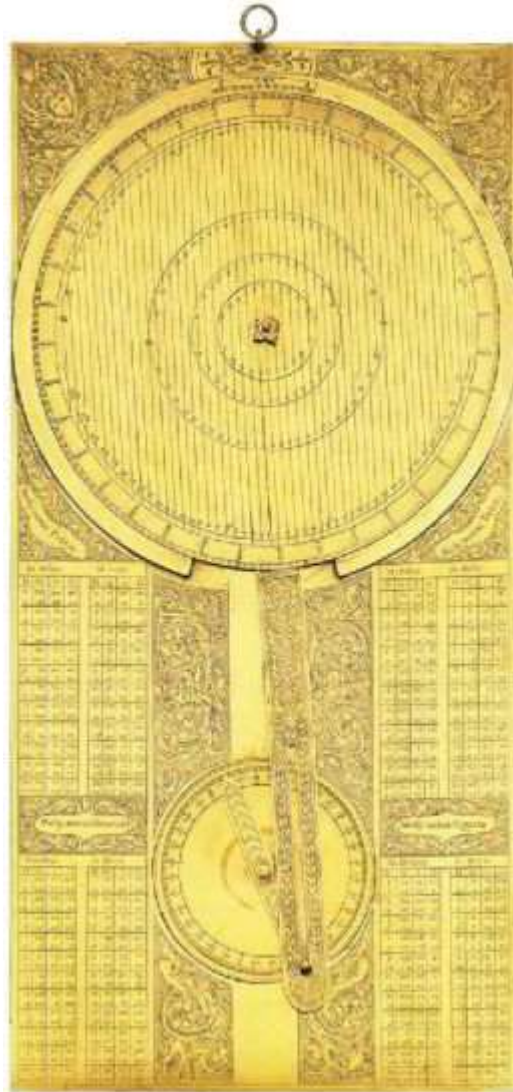


Lámina 9. Este instrumento del siglo XVII, conocido como jovilabio de Galileo, se utilizaba para predecir las posiciones de las lunas de Júpiter. Galileo inventó ciertamente un instrumento de este tipo, y tales instrumentos fueron comunes a finales del siglo XVII, cuando fueron usados por los Cassini, Romer y Halley en sus esfuerzos para predecir con precisión las posiciones de las lunas y calcular así la longitud. El jovilabio permitía el modelado de un sistema teórico muy complicado sin tener que realizar cálculos interminables y sin que se perdiera precisión. (Museo Galileo Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florencia).



Lámina 10. La anunciación a Santa Ana (1304), de Giotto, de la Capilla Scrovegni en Padua. El cuadro depende de la creación adecuada de una sensación de profundidad, pero adviértase que las vigas del techo no convergen hacia un punto de fuga, y que hay una ambigüedad considerable en lo que concierne a los espacios. Por ejemplo, ¿dónde se encontraría el lector si entrara en la estancia por la puerta? Aunque Giotto era perfectamente capaz de producir un espacio legible desde el punto de vista geométrico, hacerlo no es su preocupación principal. Ve el mundo cualitativamente, no cuantitativamente. (The Art Archive/Scrovegni Chapel Padua/Mondadori Portfolio/Electa).



Lámina 11. *La Anunciación* (1344), de Ambrogio Lorenzetti, originalmente en el Ayuntamiento de Siena, es un ejemplo muy temprano de la representación geométrica del espacio. El suelo embaldosado establece un marco espacial, aunque este no se mantiene en los cuerpos de María y el ángel o en la arquitectura. Lorenzetti ilustra el momento en que María queda encinta. El ángel dice: «Nada es imposible para la palabra de Dios». (The Art Archive/Mondadori Portfolio/Electa).



Lámina 12. La Sagrada Trinidad, con la Virgen, San Juan y donantes (c. 1425), de Masaccio, en Santa Maria Novella, en Florencia, es la primera pintura con perspectiva rigurosa que sobrevive, y es evidente que dependía de los estudios de Brunelleschi. Originalmente, había un altar frente al fresco, que marcaba la transición entre las porciones superior e inferior. Todavía son visibles en el enlucido las líneas que Masaccio dibujó para trazar la composición con base en principios geométricos. (The Art Archive/DeA Picture Library/G. Nimatallah).



Lámina 13. *La Anunciación* (1451), de Fra Angélico, Museo di San Marco, Florencia. El ángel le dice a María que pronto quedará encinta. La puerta del fondo representa a la vez la entrada al útero de María y las puertas del paraíso. En esta pintura, en la 14 y en la 17, el punto de fuga, incomprensible en términos aristotélicos, se halla misteriosamente oscurecido, lo que demuestra lo sensibles que eran los artistas al enfrentamiento entre matemáticas y filosofía. (The Art Archive/DeA Picture Library/G. Nimatallah).



Lámina 14. La Anunciación (c. 1470), de Piero della Francesca, del Polittico di Sant'Antonio. Piero, que era matemático a la vez que pintor, demuestra su dominio total de la ilusión de la perspectiva, y emplea el punto de fuga para transmitir la incomprendibilidad de Dios. (The Art Archive/Mondadori Portfolio/Electa).

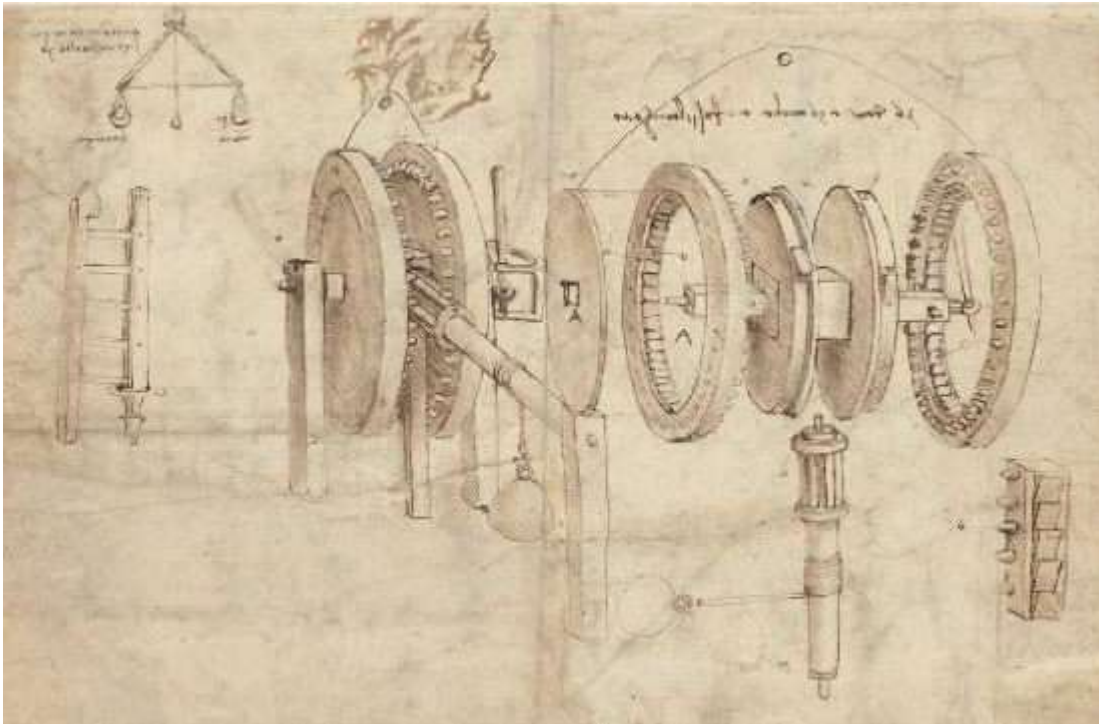


Lámina 15. El dibujo en perspectiva de Leonardo da Vinci de un cabrestante de trinquete con el esquema de construcción y las partes separadas, del Codex Atlanticus (1478-1519), demuestra la capacidad de la perspectiva para transformar la ingeniería. (Veneranda Biblioteca Ambrosiana/De Agostini/Metis e Meida Information/Veneranda).

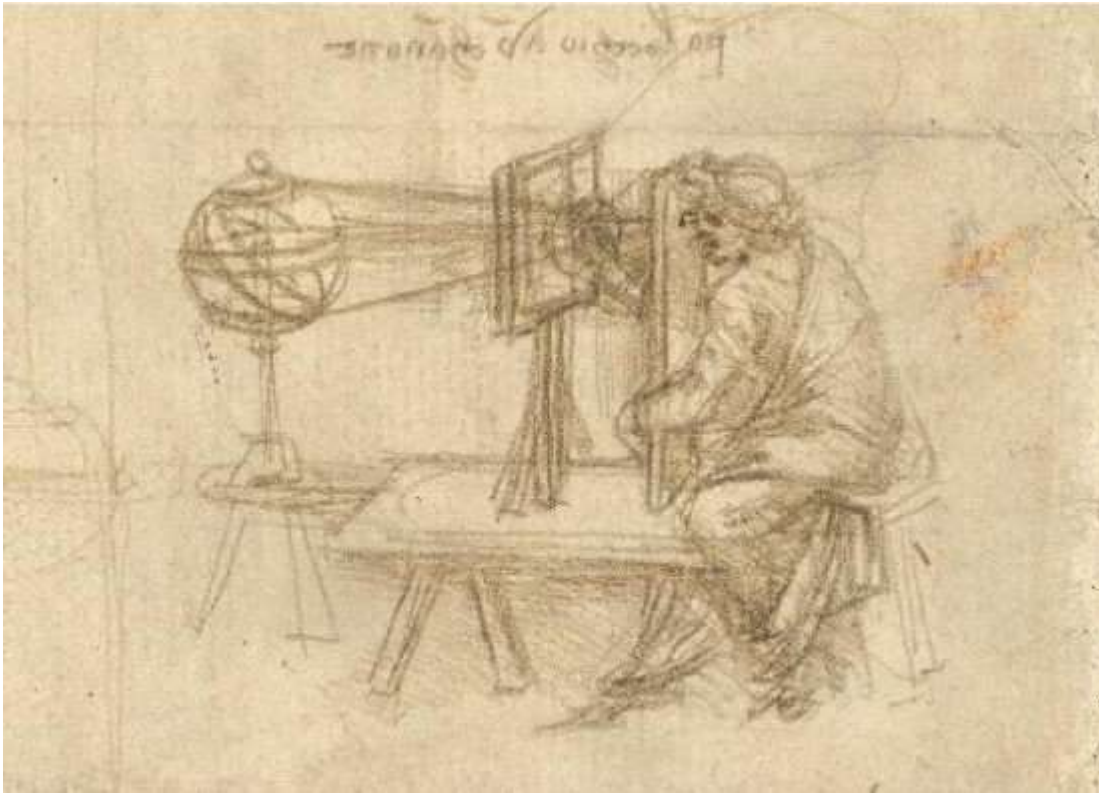


Lámina 16. El «perspectógrafo» de Leonardo, también del Codex Atlanticus. El artista mira a través de un pequeño agujero el objeto que quiere dibujar o pintar. Entre el agujero y el objeto hay una hoja de vidrio sobre la cual puede dibujar el perfil del objeto. Así, la hoja de vidrio constituye el plano de la pintura, y la imagen dibujada sobre ella puede copiarse después a otra superficie. Esta pudo ser la técnica de Brunelleschi cuando produjo la primera representación precisa de la perspectiva. (Veneranda Biblioteca Ambrosiana/De Agostini/Metis e Meida Information/Veneranda).



Lámina 17. Panorama de una ciudad ideal (posterior a 1470), atribuido a varios autores (quizá Fra Carnevale o Francesco di Giorgio Martini), y encargado aparentemente para el palacio del duque Federico da Montefeltro, de Urbino. Todo el cuadro focaliza la atención del observador en el punto de fuga, y después lo oculta detrás de una puerta entreabierta. Toda la matematización de la perspectiva se combina con un atisbo de la imposibilidad de un mundo puramente matemático. (The Art Archive/DeA Picture Library/L. Romano).



Lámina 18. Este retrato de Luca Pacioli, en el Museo Nazionale Di Capodimonte, Nápoles, que se suele atribuir erróneamente a Jacopo de' Barbari, fue pintado aparentemente en 1495 (el fragmento de papel en la mesa da la fecha). Pacioli enseña a partir de Euclides, y en primer plano, a la derecha, hay ejemplares de sus propios libros de matemáticas. Así es como se enseñaban las matemáticas

en el Renacimiento, y de hecho durante varios siglos posteriores. (The Art Archive/DeA Picture Library).



Lámina 19. Uno de los diversos retratos de Kenelm Digby, por Anthony van Dyck. Digby, amigo de Hobbes y miembro fundador de la Royal Society, desempeñó un papel crucial en la popularización del término «hecho». El girasol es un símbolo de la constancia, y el retrato presenta a Digby de luto por su mujer, Venetia, que había muerto de repente en 1633. La capacidad del girasol de seguir al Sol no podía explicarse en términos aristotélicos, y Digby la presentó (junto con el magnetismo y el bálsamo del arma) como un ejemplo paradigmático de los

problemas que abordaba la nueva ciencia del experimento. (National Maritime Museum, Greenwich).

ⁱ Utilizo «Tierra» para la concepción copernicana moderna de la Tierra como un globo terráqueo en rotación, que es uno de los planetas; «tierra» para el concepto precopernicano del mundo en el que habitamos, que está hecho del elemento tierra, que es estacionario en el centro del universo. (*N. del a.*)

ⁱⁱ Antes de la Era Común. (*N. del t.*)

ⁱⁱⁱ Daryn Lehoux, en un libro que hace pensar, pregunta: «¿Acaso hay diferencias entre la ciencia antigua y la moderna? Desde luego que las hay. ¿Son fundamentales dichas diferencias? ¿Cambiaron las cosas de repente? ¿Podemos identificar alguna manera radicalmente nueva de hacer las cosas que surgiera en algún punto concreto de la historia, en el que obtuvimos algo que denominamos ciencia moderna? Creo que no». (Lehoux, *What Did the Romans Know?*, 2012:15). De esta manera Lehoux plantea el supuesto contrario al que se propone aquí. (*N. del a.*)

^{iv} Puesto que el europeo bien educado típico era hombre, empleo pronombres masculinos cuando escribo acerca del período moderno temprano; no hago esto cuando escribo acerca de nuestra propia vida intelectual. De manera parecida, empleo «hombre» cuando describo opiniones modernas tempranas; «humanidad» cuando expreso mis propias opiniones. A las mujeres se les negaba la afiliación a todas las sociedades ilustradas modernas tempranas, pero hubo varias mujeres científicas importantes en particular astrónomas (Schiebinger, *The Mind Has No Sex?*, 1989:79-101), y alquimistas (Ray, *Daughters of Alchemy*, 2015). Se ha dicho que *Urania propitia* (1650), de Maria Cunitz, que es un volumen de tablas astronómicas, es «la obra científica más temprana que haya llegado hasta nosotros de una mujer, y al más alto nivel técnico de su época» (Swerdlow, «*Urania propitia*», 2012:81); el libro incluía un prólogo de su marido que aseguraba a los lectores que esta era realmente la obra de una mujer, por implausible que ello pareciera. Véase también más adelante, 28n, «cómo el movimiento del sol a través de tres dimensiones...»; 234n, «Voltaire dijo en 1773 que los ingleses y los franceses...» y «El historicismo de Latour no tiene en cuenta...». (*N. del a.*)

^v Era Común. (*N. del t.*)

^{vi} La primera desde el *Kitab al-Manazir* («Libro de óptica») de Ibn al-Haytham (1011-1021). Para una discusión de Gilbert, véase más adelante, «Ningún seguidor de Wittgenstein puede aceptar acríticamente la noción de...»; «(...como la afirmación de que América es las antípodas del Ganges)...»; «... el concepto mismo de descubrimiento dependía...»; «Aquí se establece de nuevo la distinción fundamental entre hechos...» y «Incluso si el libro no tenía ventajas importantes sobre el manuscrito...».

^{vii} *And new Philosophy calcs all in doubt, / The Element of fire is quite put out; / The Sunne is lost, and th'earth, and no mans wit / Can well direct him, where to looke for it. / And freely men confesse, that this world's spent, / When in the Planets, and the Firmament / They seeke so many new; they see that this / Is crumbled out againe to his Atomis. / 'Tis all in pieces, all cohaerence gone; / All just supply, and all Relation: / Prince, Subject, Father, Sonne, are things forgot, / For every man alone thinkes he hath got / To be a Phoenix, and that then can bee / None of that kinde, of which he is, but hee.*

^{viii} Lucrecio (c. 99-c. 55 AEC) afirmaba que el universo no tiene diseño, sino que es el resultado de la interacción aleatoria de átomos inalterables e indivisibles, y que el universo actual acabará por destruirse y ser sustituido: no es más que una secuencia interminable de universos generados al azar. El poema de Lucrecio *De rerum natura* (*Sobre la naturaleza de las cosas*) se perdió durante la Edad Media; fue redescubierto en 1417 y se publicó por vez primera

en 1473, y no hubo una traducción al inglés completa e impresa hasta 1682. Lucrecio era un seguidor de Epicuro (341-270 AEC). Aplicamos el término «epicúreo» a alguien que busca el placer físico, pero en el Renacimiento los epicúreos eran materialistas y ateos, y en consecuencia incapaces de reconocer ningún bien que no fuera el placer físico. (N. del a.)

^{ix} Galileo vivía en Padua pero visitaba Venecia con frecuencia; igualmente, Donne, cuando estuvo en Venecia, habría visitado seguramente Padua, donde había una importante comunidad inglesa y escocesa. (N. del a.)

^x Harriot descubrió de manera independiente lo que ahora conocemos como la ley de la caída de Galileo, y también lo que ahora llamamos «la ley de refracción de Snell», pero nunca lo publicó. Véase también más adelante, «Los historiadores y los científicos de Cambridge compartían...»; «Hacia 1505 era necesario repensar la relación entre experiencia y filosofía...»; «El procedimiento de Regiomontano para medir la paralaje...»; «Los historiadores de la ciencia han sugerido a menudo...»

^{xi} Es decir, lucreciana. (N. del a.)

^{xii} Asociaciones profesionales de abogados en Inglaterra y Gales. (N. del t.)

^{xiii} Brown, «*Hac ex consilio meo via progredieris*» (2008). Los isabelinos se tomaban muy en serio tirarse pedos: el conde de Oxford dejó que se le escapara un pedo cuando hacía una reverencia a la reina Isabel; mortificado, se fue del país durante siete años, pero cuando volvió la reina le recibió con estas palabras: «Milord, he olvidado el pedo». (Trevor-Roper, «Nicholas Hill, the English Atomist», 1987:9). (N. del a.)

^{xiv} Después de haber discutido con mi vecino en el campo la dificultad de sexar a sus patitos, ahora sé, como Donne sabía seguramente, que determinar el sexo puede ser algo nada fácil. (N. del a.)

^{xv} Swift creía que la investigación científica era una pérdida de tiempo porque nunca conducía a ninguna aplicación práctica, una opinión que expresó de forma contundente en la parte III de *Los viajes de Gulliver*, en su narración de la isla aérea de Laputa. (N. del a.)

^{xvi} Hacia finales del siglo el gran naturalista Gilbert White era todavía incapaz de decidirse a propósito de la polémica cuestión de la migración frente a la hibernación: White, *Natural History* (1789):28, 36, 64-65, 102, 138-139, 165, 167, 188. Para un resumen de un libro que White cita (144), *Migrations avium* (1757), de Carl D. Eckmarck, véase Griffiths, «Select Dissertations from the *Amoenitates academicae*» (1781): Eckmarck afirmaba que algunas aves migran pero que las golondrinas pasaban el invierno en estanques. Sus opiniones se atribuyen generalmente a Linneo, quien examinó su disertación. (N. del a.)

^{xvii} Brahe no consideraba que la estrella de Belén fuera una estrella verdadera, porque el evangelio de San Mateo la describe moviéndose en los cielos. Había habido una supernova incluso más brillante en 1006, pero no se mencionaba en los libros que él conocía. (N. del a.)

^{xviii} Thomas Kuhn pensaba que, si no hubiera sido por Copérnico, Brahe no hubiera podido comprender que la nueva estrella se hallaba en los cielos (Kuhn, *Structure*, 1970:116), aunque Copérnico no tenía nada que decir a propósito del cambio supralunar, y Brahe no era copernicano. La afirmación de Kuhn no coincide con su argumentación más general de que los científicos pueden identificar anomalías, pero es significativo que Brahe viviera en una cultura en la que las certezas establecidas desde hacía tiempo (en religión, por ejemplo) se cuestionaban y se subvertían. (N. del a.)

^{xix} Cambridge, en Inglaterra, iba por detrás de Cambridge, en Massachusetts: en Harvard, George Sarton dio su primer curso sobre la historia de la ciencia en 1917, y se convirtió en profesor de historia de la ciencia en 1940. (N. del a.)

^{xx} En los años transcurridos desde la conferencia de Snow el problema de las dos culturas ha empeorado; la historia de la ciencia, lejos de servir de puente entre las artes y las ciencias, ofrece actualmente a los científicos una imagen de sí mismos que la mayoría de ellos no puede reconocer. Se ha convertido en parte del problema, no en parte de la solución. (N. del a.)

^{xxi} Koyré, *Études Galiléennes* (1966):12 (donde se emplea *révolution* como equivalente al término *mutation* de Gaston Bachelard). Heisenberg, «Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen» (1925) es el artículo que fundó la mecánica cuántica moderna; condujo a la publicación de la ecuación de Schrödinger (que describe cómo el estado cuántico de un sistema físico cambia con el tiempo) en enero de 1925 y a la formulación del principio de incertidumbre de Heisenberg (cuanto con más precisión se determina la posición de una partícula, con menos precisión puede conocerse su momento, y viceversa) en 1927. La fecha de la primera edición de los *Études Galiléennes* de Koyré es 1939 (aunque la publicación real fue en abril de 1940: Costabel, «Sur l'origine de la science classique», 1947:208, y 1940 era la fecha que el propio Koyré utilizaba a veces); en consecuencia, casi todos los comentaristas datan el uso por Koyré del término «revolución científica» en 1939. Sin embargo, el primer ensayo ya había aparecido publicado en 1935: Murdoch, «Pierre Duhem and the History of Late-Medieval Science» (1991):274. De modo que «los últimos diez años» significa desde 1925. (N. del a.)

^{xxii} Dewey atacaba al marxismo: «Nuestros intérpretes económicos exclusivamente científicos pretenden que las fuerzas económicas presentan una evolución inevitable, de la que el estado y la iglesia, el arte y la literatura, la ciencia y la filosofía son subproductos. Es inútil sugerir que mientras que la industria moderna ha proporcionado un estímulo inmenso a la investigación científica, no obstante, la revolución industrial del siglo XVIII surge después de la revolución científica del XVII. El dogma prohíbe cualquier conexión». Dewey, *German Philosophy and Politics* (1915):6. La frase aparece en escritos posteriores de Dewey. (N. del a.)

^{xxiii} Véase la nota anterior y, por ejemplo, *The Origins of Modern Science* de Butterfield (1950):197-198: «Efectivamente, las revoluciones científica, industrial y agraria forman un sistema de cambios tan complejos e interrelacionados, que a falta de un examen microscópico hemos de juntarlas todas como aspectos de un movimiento general...». (N. del a.)

^{xxiv} Véase más adelante en el apartado Una nota sobre la «ciencia» griega y medieval, en el capítulo Algunas notas más extensas.

^{xxv} El estudio clásico de las consecuencias no previstas de los trastornos revolucionarios es *L'Ancien Régime et la Révolution* (1856), de Alexis de Tocqueville. (N. del a.)

^{xxvi} Debería ser evidente que no tenía razón en esto: nadie, estoy seguro, querría leer un relato sobre esclavitud escrito por alguien incapaz de juzgarla. (N. del a.)

^{xxvii} Antiguo nombre del Partido Liberal británico. (N. del t.)

^{xxviii} Butterfield había sido inequívoco: «Las consecuencias de su [del historiador whig] error fundamental no son nunca más aparentes que en la búsqueda de los orígenes por parte del historiador whig»; «La historia no es el estudio de los orígenes; más bien es el análisis de todas las mediaciones por las que el pasado se transformó en nuestro presente». Butterfield, *The Whig Interpretation of History*. (N. del a.)

^{xxix} En *The Origins of Modern Science* hay leves vislumbres de un interés por el lenguaje; por ejemplo, en una discusión de los orígenes de la Ilustración: «Mientras que "razón" había sido una cosa que tenía que ser disciplinada por un adiestramiento prolongado e intenso, el significado mismo del término empezó a cambiar ahora que cualquier hombre podía decir que la tenía, en especial si su mente no se había echado a perder por la educación y la tradición. "Razón", de hecho, llegó a significar mucho más que lo que en la actualidad debiéramos llamar sentido común» (170). (N. del a.)

^{xxx} Wilson y Ashplant, «Whig History» (1988). Una fuente fundamental de esta percepción era Skinner, «Meaning and Understanding in the History of Ideas» (1969). (El argumento de Skinner, tal como se planteó originalmente, procedía de Wittgenstein, aunque esto es menos claro en la versión revisada de 2002: Wootton, «The Hard Look Back», 2003). Esto empezó a tener impacto en la historia de la ciencia con retraso, con Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985) y Cunningham, «Getting the Game Right» (1988). (N. del a.)

^{xxx} La última revisión del *Oxford English Dictionary [OED]* en línea (marzo de 2014) proporciona el primer uso de «científico», que significa «relacionado o implicado con la ciencia (especialmente la natural) que trata de ciencia; que tiene la ciencia como su tema», tal como se daba en 1675, sin otro uso registrado hasta 1757; para «ciencia» en su sentido moderno («la actividad intelectual y práctica que incluye aquellas ramas del estudio que se relacionan con los fenómenos del universo físico y sus leyes»), proporciona un primer uso en 1779 (lo que haría que los usos anteriores de «científico» en el sentido moderno fueran bastante desconcertantes, pero, como veremos, hay un uso muy anterior de «ciencia» en el sentido requerido). (N. del a.)

^{xxxii} Así, Shapin afirma: «Para historiadores, antropólogos culturales y sociólogos del conocimiento, el tratamiento de la verdad como creencia aceptada cuenta como una máxima del método, y con razón». (Shapin, *A Social History of Truth*, 1994:4). Véase el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas, n.º 1 en el capítulo Algunas notas más extensas. (N. del a.)

^{xxxiii} Además de las artes liberales, las habilidades de los educados, había muchas artes que implicaban trabajo manual (artes mecánicas), como la orfebrería o la mampostería. (N. del a.)

^{xxxiv} ¿Cuándo dejó de ser una ciencia la teología? Quizá con *Miscellanea: The Third Part* (1701):261, de Temple. (N. del a.)

^{xxxv} Así, Gioseffo Zarlino describió que la ciencia de la música está «subordinada» (*sottoposta*) a la filosofía (Zarlino, *Dimostrazioni harmoniche*, 1571:9). Cuando los astrónomos jesuitas en Roma aceptaron en 1611 que Venus orbita alrededor del sol lo hicieron «ante el escándalo de los filósofos», que no estaban acostumbrados a tal insubordinación (Lattis, *Between Copernicus and Galileo*, 1994:193).

^{xxxvi} En castellano existe una diferencia clara entre celestial (referente al cielo considerado como la mansión eterna de los bienaventurados) y celeste (referente al cielo físico). Así, los astros son cuerpos celestes, pero los ángeles son criaturas celestiales. En inglés, para ambos adjetivos se emplea *celestial*. En el contexto, la astrología trata de objetos o fenómenos celestiales, y la astronomía de objetos o fenómenos celestes. Algo parecido puede decirse de *earthly*, que se traducirá por terrenal o terrestre, en función del contexto. (N. del t.)

^{xxxvii} Antes de Newton fue Kepler; su *Astronomia nova aitiologetos seu Physica coelestis* (1609) mezcla deliberadamente los mundos del matemático (que trata de la astronomía) y del filósofo natural (que trata de la física y de la causalidad en la naturaleza). (N. del a.)

^{xxxviii} Publicado por vez primera en 1651; el texto lo construyó hacia 1540 sobre la base de las notas de Leonardo su alumno Francesco Melzi, y circuló durante mucho tiempo como manuscrito. (N. del a.)

^{xxxix} Leonardo firma con una floritura: «Leonardo Vinci discepolo della sperientia» («Leonardo, discípulo de la experiencia») (Nicholl, *Leonardo da Vinci*, 2004:7). (N. del a.)

^{xl} Para una discusión adicional sobre Aristóteles, véase más adelante, al final de este capítulo. (N. del a.)

^{xli} Parece que el primer libro que afirmaba presentar una «nueva filosofía» fue el antiaristotélico de Francesco Patrizi *Nova de universis philosophia* («Una nueva filosofía universal»), de 1591. (N. del a.)

^{xlii} De origen latino en el sentido que *philosophia* y *philosophus* se naturalizaron en latín clásico, aunque sus orígenes son griegos. (N. del a.)

^{xliii} *Filosofo e matematico primario del sermo Gran Duca di Toscana* es el título que Galileo emplea: Galileo fue el único filósofo del duque y el primero de sus matemáticos. (N. del a.)

^{xliv} Hay 245 casos en «Early English Books Online» (de aquí en adelante EEBO) si la búsqueda incluye formas «variantes» y ortografía variante; otros 29 casos de «ciencias naturales» y 8 de «ciencia de la naturaleza». Para el uso que Galileo hace del término, véase más adelante, al final del apartado 5 del capítulo Desafiando a la naturaleza; y para Milliet de Chales, la nota 18. Un término alternativo era «ciencia física» (25 casos). En francés, véase por ejemplo Dupleix, *La Physique, ou science naturelle* (1603); el caso más temprano de *science naturelle* que puedo

encontrar es de 1586, en plural de 1537. En italiano, Zarlino define el estudio de entidades materiales como *scienza naturale*, también llamada *física* (Zarlino, *Dimostrazioni harmoniche*, 1571:9), siendo la música una ciencia mixta, en parte física y en parte matemática. «No había ciencia en la sociedad moderna temprana», dice Adrian Johns (Johns, «Identity, Practice and Trust», 1999:1125); cito el resumen; véase también Johns, *The Nature of the Book*, 1998:6 n.º 4, y 42-43: «Hay un sentido en el que la historia de la ciencia moderna temprana ya no existe»). En ningún lugar reconoce que hubiera tal cosa como «ciencia natural»; en el texto considera únicamente la filosofía natural y las matemáticas, no «fisiología», «física», etc. Al afirmar que *scientia* se refiere solo a «conocimiento demostrativo, cierto» demuestra un malentendido fundamental del sentido del término en el siglo XVII porque, además de la música, la geografía y la anatomía, para tomar solo dos ejemplos, eran ciencias. Las mismas confusiones (que pueden denominarse «la falacia de Cambridge») se encuentran en Cunningham, «Getting the Game Right» (1988), y en Henry, *The Scientific Revolution* (2008):4-5. (N. del a.)

^{xlv} Hubo también un tercer término, ahora totalmente obsoleto: «fisiologista». (N. del a.)

^{xlvi} El original distingue entre *physician*, que ya existía y que en inglés moderno equivale a médico, y *physicist*, que antes y ahora corresponde a físico. En castellano ambos términos se traducen como físico, en el sentido que aquí se les da. (N. del t.)

^{xlvii} De estos, con mucho, los más comunes fueron «filosofía mecánica» (62 casos en EEBO) y «fisicomecánico» (122); más común todavía era «filosofía experimental» (352 casos, con otros 24 casos para «filosofía natural experimental»). «Filósofo matemático» se encuentra en Benedetti, *Consideratione* (1579):15, en contraste con «filósofo natural»; más adelante (49) hace juegos de palabras con los diferentes sentidos de *naturale*: los filósofos matemáticos son los únicos a los que hay que tomar en serio, pues los filósofos naturales son completamente «naturales» (en el sentido de ingenuos). El término «filosofía natural» no deja de ser problemático para el período anterior a 1650. Gilbert emplea el término «philosophia naturalis» una sola vez en *De magnete*, para referirse a la antigua manera de pensar (Gilbert, *De magnete*, 1600:116); y en el *Dialogo* de Galileo el término aparece tres veces, siempre para referirse a la filosofía aristotélica. Para Marin Mersenne, que era teólogo, filósofo y matemático, Galileo no era un filósofo sino un «matemático e ingeniero» (Garber, «On the Frontlines of the Scientific Revolution», 2004:151-152, 156-159). Hasta la década de 1640 la filosofía natural no se convierte en una categoría fundamental, en gran parte debido a la influencia de Descartes. (N. del a.)

^{xlviii} Buena parte de esta extensa discusión se basa en la diferencia entre el término inglés para el sustantivo (*scientist*) y para el adjetivo (*scientific*); en castellano los dos coinciden: científico. Se ha preferido no identificarlos continuamente en la traducción. (N. del t.)

^{xlix} Término procedente del italiano. (N. del t.)

ⁱ Para el uso antiguo, Woodward, *Dr Friend's Epistle to Dr Mead* (1719); y para el nuevo, Jurin, *A Letter to the Right Reverend the Bishop of Cloyne* (1744):18: «Tendréis que perdonarme, si aseguro a su señoría, que aunque con las damas pueda hacerse pasar por poco sincero, el *Ipse dixit* de su señoría no podrá, con hombres de ciencia, alzarse contra la experiencia y el conocimiento bien fundado. El AGUA, mi señor, si me dais el permiso para que adopte el papel de químico para informaros, ya no puede extraer petróleo del alquitrán, de la misma manera que el fuego no puede extraer sal del vidrio». (N. del a.)

ⁱⁱ Ross, «"Scientist": The Story of a Word» (1962): 78. Whewell entendía que la oposición al término se basaba en su etimología: «Algún caballero ingenioso [el propio Whewell, en una reunión de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia] propuso que, por analogía con *artista*, podrían formar *científico*, y añadió que no tenía por qué haber escrúpulos en familiarizarse con esta terminación, cuando tenemos términos tales como esciolista, economista y ateo, pero esto no era aceptable de modo general» (Whewell, «On the Connexion of the Physical Sciences», 1834:59). [Todos estos términos terminan en *-ist* en inglés, pero no en castellano; el lector deberá tenerlo en cuenta en toda esta parte del capítulo. Un esciolista es alguien que tiene solo un conocimiento superficial de aquello que pretende conocer bien. (N. del t.)] El

motivo de Whewell para plantear la cuestión en una publicación en 1834 bien pudiera ser que «científico», a diferencia de «hombre de ciencia», es un término neutro en cuanto al género: estaba revisando un libro por la escritora científica Mary Sommerville. Volvió al tema unos años más tarde en el contexto de una discusión general del lenguaje de la ciencia, en la que afirmaba: «la combinación de diferentes lenguajes en la derivación de las palabras, aunque debe evitarse en general, es admisible en algunos casos», y seguía aduciendo (contra la opinión general) que las terminaciones en *-ista* «se aplican a palabras de todos los orígenes... De ahí que podamos producir estas palabras cuando se desee. Puesto que no podemos usar *physician* para alguien que cultiva la física, lo he llamado físico [*physicist*]. Necesitamos en gran medida un nombre para describir a alguien que cultiva la ciencia en general. Me siento inclinado a llamarlo científico [*scientist*]. Así, podríamos decir que igual que un artista es un músico, pintor o poeta, un científico es un matemático, físico o naturalista». (Whewell, *The Philosophy of the Inductive Sciences*, 1840: cvi, cxiii; «artista» parece un híbrido de latín y griego, pero en realidad, al igual que «dentista» es una importación del francés). Pero, a pesar de Whewell, el término «científico» no aparece en *English Men of Science* (1874), de Galton, un estudio de 190 miembros de la Royal Society. Según el motor de búsqueda n-gram de Google, «científico» + «científicos» solo se hace más frecuente que «hombre de ciencia» + «hombres de ciencia» en 1882. Este fue también el año en el que la palabra «científico» se empleó por primera vez en el discurso presidencial anual de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia; pero el gran biólogo (y erudito clásico) D'Arcy Wentworth Thompson la evitaba todavía en la década de 1920. Tal como cabía esperar, el término cuajó más rápidamente en Norteamérica que en Gran Bretaña, donde los científicos continuaban teniendo una educación clásica. Ross, «"Scientist": The Story of a Word» (1962); Secord, *Visions of Science* (2014):105 (que está muy equivocado al afirmar que Whewell planteaba el término como «un insulto»; Whewell emplea el término «esciolista» como ejemplo no porque quiera sugerir que la ciencia no es una vocación honorable, sino simplemente porque es, excepcionalmente, un híbrido latín-griego del tipo que sus oponentes rechazan como inaceptable); Barton, «Men of science» (2003): 80-90 y n. 33. (N. del a.)

ⁱⁱⁱ Asimismo, en francés encontramos «física» en singular, no en plural [como en inglés, *physics* (N. del t.)], con el significado de 'ciencia natural'; por ejemplo, Daneau, *Physique françoise, comprenant... le discours des choses naturelles, tant célestes que terrestres, selon que les philosophes les ont descrites* (1581). (N. del a.)

ⁱⁱⁱⁱ Era condición de casi todas las becas de Oxford y Cambridge que el titular estuviera ordenado, de manera que casi todos los académicos de Inglaterra eran clérigos. (N. del a.)

^{liv} Hasta donde yo sé, Darwin nunca se describió como «científico»; pero es que hasta 1892 todavía era posible afirmar que «naturalista» era el término general correcto para un estudioso de la ciencia natural (OED, s. v. *naturalist*). (N. del a.)

^{lv} Para la afirmación de que era el filósofo del duque, véase la portada de la *Consideratione* de 1579; para la afirmación de que era su matemático, la portada de *De temporum emendatione opinio* de 1578. (N. del a.)

^{lvi} Les siguió John Theophilus Desaguliers, quien cumplió el papel de conservador de experimentos de 1716 a 1743. (N. del a.)

^{lvii} Muchas cátedras llevan en las universidades inglesas el nombre del mecenas que las dotó (en estos dos casos, Henry Savile y Henry Lucas). (N. del t.)

^{lviii} Un ejemplo temprano del término en un uso extendido es *Robinson Crusoe* (1719), de Daniel Defoe: «La revolución en el comercio provocó una revolución en la naturaleza de las cosas». Pero esto es del siglo XVIII, no del XVII. (N. del a.)

^{lix} «La comprensión real de la historia no se consigue por la subordinación del pasado al presente, sino más bien por hacer del pasado nuestro presente e intentar ver la vida con los ojos de un siglo distinto al nuestro... El estudio del pasado con un ojo, por así decirlo, puesto en el presente es el origen de todos los pecados y sofisterías en la historia, empezando con el

más simple de ellos, el anacronismo». Butterfield, *The Whig Interpretation of History* (1931):16, 31-32. (N. del a.)

^{ix} Posteriormente, Peter Shaw escribía sobre la «completa reforma en filosofía» que había transformado la ciencia natural y la medicina (Shaw, *A Treatise of Incurable Diseases*, 1723:3), y Richard Davies, que escribía en 1740, decía que fue hacia el año 1707, mucho después de la publicación de los *Principia* de Newton, cuando «los estudiosos empezaron a ser conscientes de lo mucho que el autor [es decir, Newton] había hecho para una reforma en la filosofía». (Davies, *Memoirs of Saunderson*, 1741:v). (N. del a.)

^{lxi} Esta es una referencia a la ley de raíz y rama [*Root and Branch Bill*] de 1641, que pretendía abolir el episcopado y que condujo directamente a la guerra civil. (N. del a.)

^{lxii} Es notable que Lavoisier escribiera acerca de una revolución en química antes incluso de 1789, de hecho antes de 1776: «L'importance de l'objet m'a engagé à reprendre tout ce travail — escribí en su cuaderno de laboratorio en 1772 o 1773—, qui m'a paru fait pour occasionner une révolution en physique et en chimie». (N. del a.)

^{lxiii} ¿Hay algún término, que no sea «reforma», que pueda sustituir a «revolución»? (Laslett apeló una vez a una nueva etiqueta para la Revolución Científica: Laslett, «Commentary», 1963). En 1620 Francis Bacon exigió una Gran Instauración (aquí «instauración» significa 'fundación', y el término es adecuadamente vago). Bacon esperaba que surgiera una nueva ciencia práctica, útil y tecnológica, cosa que finalmente ocurrió (aunque no tan rápidamente como había esperado). En la década de 1660 la Royal Society dirigió la mirada hacia Bacon como el primero que enunciara los principios de la nueva ciencia. De modo que aparentemente podría evitarse el anacronismo al hablar de la Gran Instauración (como en Webster, *The Great Instauration*, 1975), pero no es en absoluto evidente que esto supusiera ninguna diferencia real en lo que se quiere decir realmente; y, en cualquier caso, la frase de Bacon no fue adoptada por los miembros de la Royal Society (en las *Philosophical Transactions* se hace referencia una sola vez a «El proyecto de lord Bacon para la Instauración de las Artes y las Ciencias», el 25 de marzo de 1677). (N. del a.)

^{lxiv} «Entonces estudia bien estos mapas modernos, y con tus ojos podrás contemplar, no solo todo el mundo de una sola vez, sino cada lugar particular allí contenido». Blundeville, *A Briefe Description of Universal Mappes* (1589):C4r. (N. del a.)

^{lxv} Véase el capítulo 6. (N. del a.)

^{lxvi} Como el de Hernán Cortés. (N. del t.)

^{lxvii} Término tomado de la alquimia: residuos inútiles. (N. del t.)

^{lxviii} Este es quizá el primer uso de «ciencia» sin calificación para significar «ciencia natural»; presumiblemente, la incapacidad del *OED* para reconocer el sentido en el que se emplea aquí el término proviene de no haberlo leído en su contexto. (N. del a.)

^{lxix} El término «gran narración» tiene su origen en Lyotard, *La condition postmoderne* (1979). (N. del a.)

^{lxx} En la historia de la literatura científica se suele dar por sentado que Wittgenstein fue un relativista. Esta opinión me parece errónea, pero he mantenido dicho argumento fuera de mi texto principal; véase más adelante Wittgenstein no era relativista. En el texto principal, tanto aquí como en el capítulo 15, destaco lo que llamo una posición wittgensteiniana, que puede declararse que se basa en los textos de Wittgenstein pero que puedo afirmar que no era de Wittgenstein. (N. del a.)

^{lxxi} Rorty (ed)., *The Linguistic Turn* (1967); Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus* (1933):5.6. Williams, «Wittgenstein and Idealism» (1973), aduce que Wittgenstein discutía los límites del lenguaje *en general*, no los límites de algún lenguaje concreto o de algún hablante concreto (y cada hablante, desde luego, puede tener acceso a más de un lenguaje). Seguramente Wittgenstein hacía ambas cosas, y se mueve deliberadamente entre la primera persona del singular y la primera persona del plural para transmitir ambos puntos de vista. (N. del a.)

^{lxxii} También conocido como «postulado de equivalencia». Véase el apartado Notas sobre relativismo y relativistas, n.º 2. (N. del a.)

^{lxxiii} Por qué Wittgenstein sostenía exactamente esta posición en 1911 es algo que desconcierta a los estudiosos de Wittgenstein: McDonald, «Russell, Wittgenstein and the Problem of the Rhinoceros» (1993). (La memoria de Russell le había jugado una pasada: a partir de su correspondencia contemporánea es claro que era un rinoceronte, y no un hipopótamo, lo que no estaba en el aula). (N. del a.)

^{lxxiv} Dear, «*Totius in verba*» (1985). ¿Qué quiere decir Dear con *totius in verba*? Nunca lo explica. La traducción correcta de *nullius in verba* es «en la palabra de nadie» porque es una cita de Horacio y este es el significado en su contexto original (Sutton, «*Nullius in verba*», 1994); la cita de Horacio ya la había usado Carpenter, *Philosophia libera* (1622):1.^a sig. 8v (el texto difiere de la edición de 1621); pero *nullius* puede significar *nihil*, de modo que una posible traducción es «las palabras no cuentan». Sin embargo, *totius in verba* no puede significar «el lenguaje [o la retórica] lo es todo» (que es, seguramente, el significado que Dear pretende), sino que ha de significar «en la palabra de todo»: *totius* y *nullius* no son antónimos en todos sus usos. Vuelvo a *nullius in verba* más adelante (apartado §2 del capítulo 7). Para el rechazo de Galileo de la opinión de que el éxito en la ciencia pueda basarse en la habilidad retórica, véase más adelante, al final del apartado 5 del capítulo Desafiando a la naturaleza. (N. del a.)

^{lxxv} Véase el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas, n.º 3. (N. del a.)

^{lxxvi} Véase el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas, n.º 4. (N. del a.)

^{lxxvii} *Against Method* no apareció como libro hasta 1975, pero empezó su vida como una conferencia impartida en 1966 (Feyerabend, «Against Method», 1970). La primera edición del libro en cartón lleva en su sobrecubierta no la usual biografía resumida del autor, sino su horóscopo: Feyerabend era ciertamente consistente (y bromista) en su relativismo. Para su defensa de la astrología, véase Feyerabend, *Science in a Free Society* (1978):91-96. (N. del a.)

^{lxxviii} Los seguidores de Wittgenstein sostienen que un sistema de creencia nunca puede ser refutado por nueva evidencia; los seguidores de Popper mantienen que la refutación es directa; y los seguidores de Kuhn sostienen que nueva evidencia puede poner en crisis un sistema de creencia y acabar por producir una transición revolucionaria hasta un nuevo consenso. Tanto la posición kuhniana como la popperiana son, en principio, compatibles con una comprensión de lo que hace la ciencia; la posición wittgensteiniana, tal como la presentan sus seguidores, es intrínsecamente anticientífica. Vuelvo a ello más adelante, en el capítulo 15. (N. del a.)

^{lxxix} «¿Acaso la pregunta no es esta: "¿Qué ocurre si tuviste que cambiar de opinión incluso sobre estas cosas tan fundamentales?" Y a esto me parece que la respuesta es: «No tienes que cambiar. Esto es solo lo que ser "fundamental" es para ellos» (Wittgenstein, *On Certainty*, 1969, §512). (N. del a.)

^{lxxx} Wittgenstein escribe: «Supongamos que conocemos a personas que no consideran esto [las proposiciones de la física] como una razón contundente. Ahora bien, ¿cómo lo imaginamos? En lugar de consultar al físico, consultan a un oráculo (y por ello los consideramos primitivos). ¿Está mal que consulten a un oráculo y que se dejen guiar por ello? Si consideramos que esto está "mal", ¿no estamos empleando nuestro juego de lenguaje como una base para *combatir* el suyo?» (Wittgenstein, *On Certainty*, 1969, §512). En este caso, en lugar de consultar a Galileo (o a Boyle, cuyo lenguaje es deliberadamente un reflejo del de Galileo) Shapin y Schaffer consultan a Wittgenstein y emplean su juego del lenguaje como una base desde la que combatir la ciencia. (N. del a.)

^{lxxxi} En realidad, los proponentes del programa robusto tratan el juego del lenguaje del empirista como si fuera uno de varios juegos de lenguaje igualmente falsos, porque el único juego válido, según su criterio, es el metajuego wittgensteiniano. Todos están limitados por el lenguaje, excepto los que escriben acerca de cómo todos están limitados por el lenguaje. Pero no hay necesidad de entretenerse a propósito de este defecto fatal. (N. del a.)

^{lxxxii} Kuhn aducía que hay límites a la comunicación entre personas que habitan en diferentes mundos intelectuales, pero hay consenso generalizado de que exageraba este argumento: Galileo y sus críticos tenían dificultades en ponerse de acuerdo, pero no en comunicarse; actuaban según reglas diferentes, pero podían dar sentido a las actuaciones de sus oponentes. Las opiniones de Kuhn se describen en Sankey, «Kuhn's Changing Concept of Incommensurability» (1993), y se critican en Sankey, «Taxonomic Incommensurability» (1998); véase también Hacking, «Was There Ever a Radical Mistranslation?» (1981). (*N. del a.*)

^{lxxxiii} Este es el quid de la cuestión. Todo el proyecto de Wittgenstein, tal como lo interpretan los sociólogos, se dirige a disputar la idea de que pueda haber percepción con independencia de la enunciación. Así, dice: «la idea de la "concordancia con la realidad" no tiene ninguna aplicación clara» (*On Certainty*, §215). La ciencia, desde luego, busca demostrar que sí, de la misma manera que Russell buscaba demostrar que no había ningún hipopótamo en el aula. (*N. del a.*)

^{lxxxiv} *Narratio de observatis Jovis satellitibus*, fechada el 11 de septiembre 1610 pero publicada en 1611 (una edición moderna en Kepler, *Dissertatio cum nuncio sidereo*, 1993). En latín clásico, *satellitium* significa «escolta» o «guardia». (*N. del a.*)

^{lxxxv} «Cuando cambian los juegos de lenguaje, entonces hay un cambio en los conceptos, y con los conceptos cambian los significados de las palabras». Wittgenstein, *On Certainty* (1969):§65.

^{lxxxvi} Resulta notable que, tanto tiempo después del «giro lingüístico», la historia básica de algunos términos/conceptos clave que hicieron posible la empresa científica continúe sin haber sido escrita. Así, este libro puede considerarse, en parte, como un extensión del relato de Bruno Snell de los orígenes primitivos de la ciencia: Snell, *The Origin of Scientific Thought* (1953) (publicado en 1929) y Snell, *The Forging of a Language for Science in Ancient Greece* (1960). (*N. del a.*)

^{lxxxvii} «Con el propósito de comprender y facilitar la práctica científica —escribe Hasok Chang—, me gustaría sugerir una reorientación fundamental en nuestra concepción del conocimiento: pensar en él en términos de *capacidad* en lugar de *creencia*.» (Chang, *Is Water H₂O?* (2012):215; y sobre «éxito», 227-233). (*N. del a.*)

^{lxxxviii} Y, desde luego, no entender a Galileo; véase, por ejemplo, el ensayo de Galileo sobre las mareas (Galilei, *Le opere*, 1890, vol. 5:371-395), en el que se describe la experiencia como una guía fiable: «sensate esperienze (scorte sicure nel vero filosofare)» (378); Stabile, «Il concetto di esperienza in Galilei» (2002); Galilei, *Le opere* (1890), vol. 10:118 (Galileo a Altobelli), vol. 18:249 (Galileo a Liceti) y 69 (Baliani a Galileo). El padre de Galileo, Vincenzo, ya había insistido una y otra vez en la primacía de la experiencia: Palisca, «Vincenzo Galileo» (2000). (*N. del a.*)

^{lxxxix} Si *pensar* fuera suficiente para engendrar la nueva ciencia, esta habría empezado no con Galileo, sino con el filósofo del siglo XIV Nicolás Oresme. Todo lo más, se podría argumentar que la recuperación de determinados textos clásicos (Arquímedes, Lucrecio, Platón) fue una precondition esencial para la nueva manera de pensar, pero este proceso estaba completo a mediados del siglo XV. (*N. del a.*)

^{xc} «Reconnaissez l'Expérience, me repondit-il; c'est elle-même» (Diderot, *Les Bijoux indiscrets*, 1748, vol. 1:352 [de 370]). (*N. del a.*)

^{xci} Compárese el relato de Giordano da Pisa (escrito en italiano en 1306) de la invención de las gafas, tal como se describía en un sermón que había oído: «No han transcurrido todavía veinte años desde que la técnica de hacer anteojos, que le permiten a uno ver bien, se encontró [*si trovó*]. Es una de las mejores técnicas y una de las más útiles que el mundo conozca, y hace muy poco tiempo desde que se encontró: una nueva técnica que nunca existió anteriormente [*arte novella che mai non fu*]. Y el predicador dijo: "Vi a la persona que la encontró y la usó primero, y tuve una conversación con ella"». Es evidente que Giordano no tiene un término para «invención» o «descubrimiento», de modo que emplea una paráfrasis: «una nueva técnica que nunca existió anteriormente». Asimismo, Filarete (muerto c. 1469, y que también escribía en italiano) sobre la invención de la pintura en perspectiva por Brunelleschi: «Pippo di ser

Brunelleschi encontró [*inventò*] cómo hacer imágenes en perspectiva, que antes que él nadie había sabido cómo hacer. Aunque los antiguos eran listos e ingeniosos, no conocían la perspectiva». *Inventare* por sí sola no transmitía adecuadamente la idea de encontrar algo que previamente no se conocía; Filarete era bien consciente de que sus lectores supondrían que todo descubrimiento era realmente redescubrimiento, de modo que tuvo que añadir su oposición a esta idea. (*N. del a.*)

^{xcii} Un caso que demuestra la afirmación de que el concepto de descubrimiento es nuevo en 1486 lo proporcionan los documentos del siglo XIV (Verlinden, «Lanzarotto Malocello», 1958) que discuten los primeros viajes portugueses a las Canarias. «Predictarum insularum fuerunt prius nostri regnicole inventores» [«los primeros que encontraron estas islas procedían de nuestro reino»], 1188; «avendo délie nos as yllas que trobou e nos gaanou que som no mar do Cabo Nom» [«habiendo recibido de él las islas que encontró y ganó para nosotros»], 1197; aquí *inventores* y *trobou* parecen ser palabras que implican descubrimiento; pero *querentes ad eas insulas, quas vulgo repertas dicimus* [«dirigiéndose a estas islas que en hablar común llamamos "encontradas"»], 1191; resulta que el lenguaje de «encontrar» es solo una figura retórica popular (porque, desde luego, uno no puede «encontrar» una isla habitada, puesto que difícilmente puede decirse que se «perdió»). Además, las personas cultas sabían que no existía tal cosa como el descubrimiento; y, de hecho, las Canarias eran conocidas de los romanos. (*N. del a.*)

^{xciii} Waldseemüller, *The Cosmographiæ introductio* (1907):88 (traducción corregida: véase xlv). Hay una discusión útil en Brotton, *A History of the World in Twelve Maps* (2012):155-156, pero Brotton sigue citando (166-167) una traducción equivocada de Wald-seemüller (de Hessler, *The Naming of America*, 2008), que da la impresión de que Waldseemüller pensaba que Ptolomeo tenía un *cierto* conocimiento de América, con lo que implicaba que incluso Waldseemüller carecía de un concepto totalmente desarrollado de descubrimiento. Para el texto latino y una traducción fiable, véase Waldseemüller, *The Cosmographiæ introductio* (1907):xxviii, 68. Véase también, por ejemplo, Grynaeus, *Novus orbis regionum ac insularum veteribus incognitarum* (1532). Contrasta con la insistencia de Colón de que el continente que había encontrado en sus dos primeros viajes era «bien conocido de los antiguos, y no desconocido, como querrían los envidiosos e ignorantes» (citado de Washburn, «The Meaning of "Discovery"», 1962:12). Todavía en 1535, Oviedo continuaba defendiendo la afirmación de que la existencia del Nuevo Mundo simplemente se había olvidado: Bataillon, «L'Idée de la découverte de l'Amérique» (1953):44; O'Gorman, *The Invention of America* (1961):16. Lo que era nuevo, en su opinión, no era el Nuevo Mundo, sino el viaje transoceánico. (*N. del a.*)

^{xciv} Al poner énfasis en «descubrimiento» estoy proporcionando una explicación para los nuevos valores culturales de la Europa del Renacimiento tardío. Alternativamente, se puede enfatizar «curiosidad» como un valor distintamente europeo, pero entonces hay que encontrar una explicación de dónde procedía la nueva aprobación de la curiosidad (que tradicionalmente se había considerado como un vicio); la curiosidad solo empieza a ser aprobada a finales del siglo XVII (un ejemplo temprano es *Humane nature*, 1659:112, de Hobbes, donde la curiosidad se define como «apetito de saber»), de modo que la aprobación de la curiosidad parecería ser una consecuencia, y no una causa, de la Revolución Científica. «Descubrimiento», según creo, es también una categoría útil a la hora de distinguir la civilización occidental del Renacimiento tardío de otras civilizaciones; para una crítica de la afirmación de que hubo viajes chinos de descubrimiento, véase Finlay, «China, the West and World History» (2000). (*N. del a.*)

^{xcv} Desde luego, la invención es tan importante como el descubrimiento. Pero las invenciones modernas cruciales dependen de descubrimientos científicos previos: en el caso del motor de vapor, la ley de Boyle. Los diseñadores de las primeras máquinas de vapor no sabían nada del calor latente, pero comprendían la presión del aire; fue esto lo que hizo posible que entendieran que el motor de vapor podía ser más que un simple juguete, como lo había sido para Herón de Alejandría, y que podía utilizar una energía inmensa. (*N. del a.*)

^{xcvi} «Los viajes portugueses de exploración del siglo XV habían revelado pequeños grupos de nuevas islas y habían extendido el conocimiento europeo de continentes que ya eran familiares, pero la revelación de que el mundo incluía nuevos continentes enteros que no habían sido soñados por los antiguos abrió una fisura en el tiempo a la vez que en el espacio. Comparadas con los escritos de viajes anteriores, las obras de las décadas posteriores a 1492 demuestran un sentido aumentado de novedad y posibilidad, de hasta qué punto podían ser nuevas y diferentes las cosas» (Daston y Park, *Wonders and the Order of Nature*, 1998:147). Véase también, por ejemplo, Humboldt, *Examen critique* (1836), vol. 1:viii-x. (*N. del a.*)

^{xcvii} Según la versión de la Sagrada Biblia de E. Nácar y A. Colunga (Madrid, BAC, 1966), que se ha seguido también para las demás citas bíblicas del texto. (*N. del t.*)

^{xcviii} Quentin Skinner ofrece «originalidad» como ejemplo de un concepto que sin duda precede al término: Skinner, *Visions of Politics* (2002), vol. 1:159. (*N. del a.*)

^{xcix} Aburrimento. En este y otros ejemplos que el autor ofrece, las equivalencias con los términos españoles no siempre son totales. (*N. del t.*)

^c Desde el alemán. (*N. del t.*)

^{ci} *Embarrassed*. (*N. del t.*)

^{cii} Uno de los significados de embarazar en castellano es también impedir, estorbar o retardar algo. (*N. del t.*)

^{ciii} El libro de Le Roy, en este y en otros aspectos, es efectivamente una réplica a Virgilio; su actitud clave es apartarse de la Biblia como fuente. (*N. del a.*)

^{civ} Lo que más se acerca a una excepción en la antigua Roma es la introducción al Libro IX de *De architectura*, de Vitruvio en el que, mientras alaba a grandes autores, Vitruvio describe el descubrimiento (tal como lo llamaríamos nosotros) del teorema de Pitágoras y del principio de Arquímedes. Para los lectores posteriores, este era el relato paradigmático de descubrimiento; Virgilio, que ciertamente leyó a Vitruvio, no hace referencia a ello. (*N. del a.*)

^{cv} En consecuencia, también tenían una idea de progreso: Dodds, *The Ancient Concept of Progress* (1973). (*N. del a.*)

^{cvi} Los romanos, de forma característica, carecían de un término para «innovación»: el significado que da el diccionario de Lewis y Short para la *instauratio* del latín clásico es 'una renovación, renuevo, repetición'; el primer significado para el *innovo* clásico es 'renovar', y para la posclásica *innovatio*, 'renovación'. Tales significados suponen una visión cíclica de la historia. Así, Marco Aurelio escribe: «Recuerda siempre... que desde siempre todas las cosas son del mismo tipo, y están en rotación; y no importa nada si durante cien años o doscientos o durante un tiempo infinito un hombre contemplará el mismo espectáculo». (Aurelio, *Meditaciones*, 1968, vol. 1:31). (*N. del a.*)

^{cvi} Los holandeses son la única excepción importante: en las Provincias Unidas las universidades enseñaban filosofía cartesiana a finales del siglo XVII. (*N. del a.*)

^{cviii} En el siglo XIV hubo un movimiento para pensar en muchas cualidades (como caliente, frío o verde) como si fueran cantidades, y para imaginar, para esclarecer el argumento, que se podían medir cantidades (como la aceleración de cuerpos que caen) que se suponía que eran inmedibles: a menudo se argumenta que esto fue un precursor de la Revolución Científica, pero véase Murdoch, «Philosophy and the Enterprise of Science in the Later Middle Ages» (1974) para una nota preventiva. (*N. del a.*)

^{cix} Es importante entender que las opiniones de Aristóteles se aprobaban tanto porque se consideraban racionales como porque se consideraban autoritativas: cuando se destruyó la autoridad de Aristóteles, con ella desapareció la idea misma de la autoridad en la filosofía natural. Véase, por ejemplo, los burdos rodeos de Piccolomini cuando se armaba de valor para disputar con Aristóteles: Piccolomini, *Della grandezza della terra et dell'acqua* (1558):1r-2v. (*N. del a.*)

^{cx} Edmund O'Meara escribió en su *Pathologia hæreditaria generalis* (Dublín, 1619:62-64): «Me maravilla ciertamente la arrogancia con que algunos presumen luchar contra la experiencia, la

descubridora de toda ciencia y conocimiento, a menos que baste como razón que muchos estén a la vez avergonzados y fastidiados al admitir algo nuevo que contradice sus firmes opiniones, de las que no pueden soportar apartarse ni la anchura de un cabello, no sea que parezca que antes no estuvieran en lo cierto; se puede ver a muchos que reverenciaban a Hipócrates, Galeno y Aristóteles de manera tan necia, por no decir idólatra, que piensan que lo que estos no dijeron no ha de decirse, y que lo que estos no conocieron no ha de conocerse». (Traducción de Lower, *Richard Lower's «Vindicatio»*, 1983:201-202). (N. del a.)

^{cxv} Cursivas y negritas en el original. (N. del a.)

^{cxvii} Miguel Servet (1509?-1553) había descrito antes la circulación pulmonar. (N. del t.)

^{cxviii} Compárese con la defensa de los experimentos de vacío de Pascal que hacía Pierre Guiffart en 1647: «Aunque las experiencias de M. Pascal nos parecen nuevas, tienen algún aspecto de haber sido practicadas anteriormente, y varios antiguos tomaron de ellas la base para mantener que podía haber un vacío en la naturaleza...». ¿De qué otra forma, se pregunta, pudieron Epicuro y Lucrecio haber estado seguros de la existencia de un vacío? Guiffart es anticuado; Pascal no argumenta de este modo, e incluso Guiffart tiene que admitir al final que el experimento puede en realidad no tener precedentes. (Citado de Dear, *Discipline and Experience*, 1995:191; texto francés en Pascal, *Oeuvres*, 1923:9). (N. del a.)

^{cxix} Y algunos frescos en casas particulares, como la llamada Villa de Popea, en Oplontis (Italia). (N. del t.)

^{cxv} ... *out of olde feldes, as men seyth, / Cometh al this new corn from yer to yere, / And out of old bokes, in good feyth, / Cometh al this newe science that men lere.*

^{cxvi} Adviértase que Aconcio emplea «invención» y «descubrimiento» de manera intercambiable. Nosotros distinguimos normalmente entre invenciones y descubrimientos, pero la distinción tardó en establecerse y ahora es incluso más clara en nuestro uso de «invención» que de «descubrimiento». No podemos decir, como John Ray hizo en 1691, que los conductos salivares son «de invención reciente»; pero quizá podemos escribir todavía, como H. W. Haggard hizo en 1929, sobre «el descubrimiento del fórceps obstétrico». (Ambos ejemplos son del *OED*, «invención» y «descubrimiento»). (N. del a.)

^{cxvii} Véase Blundeville (1594): «América, que ahora llamamos las Indias Occidentales» (*OED*, s. v. «Indias Occidentales»). (N. del a.)

^{cxviii} A menudo se cita que Bacon decía «El conocimiento es poder»; en realidad, lo más que se acerca a esto es «El conocimiento humano y el poder se reducen a la misma cosa»: Weeks, «Francis Bacon and the Art-Nature Distinction» (2007):123. (N. del a.)

^{cxix} Sobre «paradigma», véase el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas, n.º 5. (N. del a.)

^{cxv} Gasparo Aselli gritó realmente «¡Eureka!» cuando descubrió los vasos quilíferos del sistema linfático por accidente durante la vivisección de un perro en 1622: Bertoloni Meli, «The Collaboration between Anatomists and Mathematicians in the Mid-seventeenth Century» (2008):670. (N. del a.)

^{cxvi} Hablando estrictamente, Galileo sabía de la existencia de Harriot, pues había leído *On the Magnet*, de William Gilbert, en el que se menciona a Harriot de pasada y se le describe como «muy erudito». Harriot consiguió producir un telescopio capaz de resolver las lunas de Júpiter muy pronto después de haber leído el *Starry Messenger* de Galileo: probablemente lo leyó en julio y es seguro que observó las lunas en octubre; no pudo haberlas observado antes porque Júpiter se hallaba demasiado cerca del sol (Roche, «Harriot, Galileo and Jupiter's Satellites», 1982). (N. del a.)

^{cxvii} Sobre la cosmología de Brahe, véase más adelante, «tan pronto como se familiarizaron con las técnicas geométricas...». (N. del a.)

^{cxviii} La Revolución de la Imprenta es un tema que aparece en todo el libro: volveremos a él en los capítulos 5-8 y 17; y véase anteriormente, «La nueva palabra se extendió...» (N. del a.)

^{cxxiv} Hubo muchos debates en las universidades medievales, pero esto es muy distinto a las competiciones intelectuales reales: se esperaba que los participantes fueran capaces de argumentar a favor y en contra de cada caso, de modo que el debate era una prueba de habilidad retórica pero no una competición para llegar a la verdad. (*N. del a.*)

^{cxxv} Distinguir de manera tan clara entre conocimiento público y privado puede parecer que aminora los logros de los que hacen descubrimientos pero nunca los publican. Pero, como veremos (por ejemplo, véase más adelante en apartado §5; «Aquí, de nuevo, nos enfrentamos a...»; al final del capítulo 7; «En este punto, Galileo tenía la sensación...»; «Estos cinco factores ayudan a explicar...»; «En Roma, en algún momento después...» y al final del capítulo 10), la ciencia existe solo donde hay una comunidad de científicos; es a partir de la competición en el seno de dicha comunidad como resulta el progreso. Otra manera de plantear este argumento es en términos de los tres mundos de Popper. Popper distinguía entre el mundo de los objetos físicos, el mundo de los procesos mentales y el tercer mundo, el mundo de los «problemas, conjeturas, teorías, argumentos, revistas y libros». La ciencia pertenece a este tercer mundo. (Popper, *Objective Knowledge*, 1972:107. Véase también sus afirmaciones previas, Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, 1959:44-47). (*N. del a.*)

^{cxxvi} Desde luego, tales declaraciones suelen proponerse por razones de orgullo nacional: véase, ya, Wallis, «An Essay of Dr John Wallis» (1666):266; y Anón., «An Advertisement Concerning the Invention of the Transfusion of Blood» (1666):490. (*N. del a.*)

^{cxxvii} Galileo los menciona en la primera página de *Sidereus nuncius* (1610). En un mapa de 1339 la isla que ahora llamamos «Lanzarote» lleva la inscripción Insula de Lanzarotus Marocelus; Lancelotto Malocello había reclamado la isla hacia 1336 (Verlinden, «Lanzarotto Malocello», 1958). Marcar una isla como «isla de Lanzarote» no es exactamente lo mismo que llamarla Lanzarote, y no está claro cuando tuvo lugar la transición de un nombre a otro; ciertamente, fue después de 1385. Liechtenstein, como Lanzarote, tiene el nombre de su propietario, pero esto ocurrió en 1719. (*N. del a.*)

^{cxxviii} Tasmania. (*N. del t.*)

^{cxxix} Hay doce elementos que han sido nominados por personas, y muchas estrellas, cometas y asteroides; pero no planetas o lunas planetarias. Herschel quería bautizar Urano con el nombre del rey Jorge III; y Le Verrier quería dar a Urano el nombre de Herschel y a Neptuno el suyo propio (Hoskin, «The Discovery of Uranus», 1995:175; Morando, «The Golden Age of Celestial Mechanics», 1995:218, 220). Pero el acuerdo clásico de dar a los planetas (y ahora a las lunas planetarias) nombres de los dioses ha sobrevivido, al menos para nuestro Sistema Solar. (*N. del a.*)

^{cxxx} Un ejemplo sencillo de cómo la eponimia ha llegado a parecer normal, pero no era normal antes del descubrimiento de América, lo proporcionan las órdenes religiosas a las que llamamos dominicos y franciscanos. Fueron fundadas en 1216 y 1221; pero la Orden de Predicadores y la Orden de Frailes Menores, tal como se llaman propiamente, fueron rebautizadas informalmente por los nombres de sus fundadores, Domingo y Francisco, mucho más tarde: *Dominicanus* data solo de 1509 (1534 en inglés), *Franciscanus* de 1515 (de nuevo, de 1534 en inglés). *Dominicanus* y *Franciscanus* de Latham (ed.), *Dictionary of Medieval Latin from British Sources* (1975); *Dominican* y *Franciscan*: Erasmus, *Ye Dyaloge Called Funus* (1534). (El *OED* da 1632 para *Dominican*). (*N. del a.*)

^{cxxxi} Anotación o comentario al margen. (*N. del t.*)

^{cxxxii} En zoología y botánica, es una práctica común que la nomenclatura binomial que identifica las especies de animales y plantas, que Linneo estableció a partir de 1755 y tiene precedentes en el siglo XVII, dedique géneros y especies nuevas a personas, científicos o no (es el caso de *Laminaria rodriguezi*, entre muchos otros). (*N. del t.*)

^{cxxxiii} He estado buscando en Bartholin, Bartholin *et al.*, *Institutiones anatomicae* (1641), una parte del cuerpo que llevara el nombre de una persona, pero sin éxito; se citan

escrupulosamente los descubridores, pero sus descubrimientos todavía no llevan su nombre. (N. del a.)

^{cxxxiv} Esta idea precede con mucho la reclamación legal del derecho [de copia] de autor, que no existía en la ley inglesa hasta 1710, y que en otros países se estableció posteriormente. Los impresores podían reclamar derechos de monopolio para imprimir un texto dentro de una jurisdicción concreta; los autores, como tales, no tenían ningún derecho ante la ley: Kastan, *Shakespeare and the Book* (2001):23-26. (N. del a.)

^{cxxxv} En la Edad Media, la palabra *auctor* significa primariamente «autoridad»: «Ningún escritor "moderno" podría haber sido calificado decentemente de *auctor* en un período en el que los hombres se consideraban enanos situados sobre los hombros de gigantes, es decir, los "antiguos"» (Minnis, *Medieval Theory of Authorship*, 1988:12). Incluso en el siglo XVII, a Shakespeare solo se le consideró un «autor» después de muerto: Kastan, *Shakespeare and the Book* (2001):69-71. Aquí es relevante, desde luego, la famosa discusión de Foucault sobre la función del autor: «Qu'est-ce qu'un auteur?» (1969), en Foucault, *Dits et écrits* (2001), vol. 1:817-849. (N. del a.)

^{cxxxvi} Considero que el gran estudio de Joseph Needham *Science and Civilization in China* demostró que la tecnología china fue superior a la europea a lo largo de la Edad Media, pero no que China tuviera una empresa intelectual correspondiente a la concepción europea de la ciencia natural. (N. del a.)

^{cxxxvii} Aunque aquí hay que reconocer un precedente clásico en la obra de Eudemo de Rodas (c. 370-300 AEC): Zhmud, *The Origin of the History of Science* (2006). (N. del a.)

^{cxxxviii} Aquí «declinación» quiere decir variación al este y al oeste, mientras que «inclinación» significa variación hacia arriba o hacia abajo de la horizontal. Empleo «variación» como un término general para ambos, y cuando hay que distinguirlos llamo «variación» a la primera y a la segunda «caída». Evito «declinación», que me parece que es demasiado fácil confundir con «caída». (N. del a.)

^{cxxxix} Los primeros cartógrafos modernos se describen como cosmógrafos porque cartografiaban tanto los cielos como la Tierra, y producían regularmente globos pares; el término «cosmografía» tiene su origen en el griego antiguo y es por lo tanto el término tradicional, mientras que el término «cosmología» es relativamente moderno: no aparece antes de la segunda mitad del siglo XVI. (N. del a.)

^{cxl} Se entendía que el agua se evapora de los océanos y se transforma en lluvia, y que la lluvia alimenta a los ríos que fluyen hacia el océano. Pero se sostenía que la lluvia por sí sola no podía explicar el tamaño de los ríos o la existencia de manantiales que surgen de debajo de la tierra; los manantiales eran alimentados directamente, se decía, por el océano. Esta opinión subsistió hasta el siglo XVIII, y es refutada, por ejemplo, por Vallisneri, «Lezione accademica intorno all'origine delle fontane» (1715), que explicaba de qué manera el movimiento subterráneo del agua es afectado por las diferentes formaciones rocosas. (N. del a.)

^{cxli} De manera confusoria, al principio de su carrera Giambattista era llamado Francesco. (N. del a.)

^{cxlii} Véase la lámina 3. Es importante olvidarse de Australia y Nueva Zelanda (en gran parte inexploradas hasta finales del siglo XVIII) cuando se piensa acerca de los antípodas en este contexto. Dos lugares son mutuamente antípodas si se hallan directamente opuestos uno del otro sobre el globo. La teoría de dos esferas como se proponía generalmente hace que los antípodas sean imposibles, pues confina toda la tierra emergida en un hemisferio. Oresme, excepcionalmente, sostenía que la distancia desde África a la India viajando hacia el oeste era probablemente menor que la distancia viajando hacia el este, de modo que era evidente que proponía que había áreas de tierra emergida que se extendían por más de 180 grados de la esfera conjunta de tierra y agua cerca del ecuador, y así que allí había, como caso límite, verdaderos antípodas; pero sostenía que no podía haber antípodas para las latitudes más altas, pues al menos la mitad de la esfera de la tierra tenía que estar cubierta por agua. (N. del a.)

cxliii Véase la lámina 6. (*N. del a.*)

cxliv Si pasamos de las fuentes impresas a las manuscritas, hay una declaración clara de una nueva teoría en un texto escrito entre 1505 y 1508 por Duarte Pacheco Pereira (Morison, *Portuguese Voyages to America*, 1940:132-135): «De ahí se sigue, por lo tanto, que la tierra contiene agua y que el mar no rodea a la tierra, tal como Homero y otros autores afirmaron, sino más bien que la tierra en su grandeza rodea y contiene todas las aguas en su concavidad y centro; además, la experiencia, que es la madre del conocimiento, elimina toda duda y malentendido». Esta teoría parece hallarse a medio camino entre lo que se convirtió en la nueva teoría estándar y la teoría de Bodin, a la que llegaremos en breve. (*N. del a.*)

cxlv Kepler había argumentado en 1618 que la creencia de que los mares son más altos que la tierra es la consecuencia de una ilusión visual: Kepler, *Epitome astronomiae copernicanae* (1635):26-27 (una opinión de la que se hizo eco Froidmont, *Meteorologicorum libri sex*, 1627). (*N. del a.*)

cxlvi Agostino Michele, *Trattato della grandezza dell'acqua et della terra* (1583):13, adopta esta idea. Michele es esencialmente un autodidacta, por lo que no hay que tomárselo demasiado en serio. Es posible que lo engañara el hecho de que nuestros antípodas ven algunas de las mismas estrellas que vemos nosotros (porque en el decurso de una noche vemos más de la mitad de la esfera de estrellas); los únicos lugares desde los que no se ve ninguna de las mismas estrellas que ven sus antípodas son los Polos Norte y Sur. Se equivocó ciertamente debido al hecho de que Vesputio había dejado claro que él no había estado en las antípodas de Europa occidental; de ahí no se sigue que no hubiera estado en las antípodas de algún lugar del Viejo Mundo. Para la naturaleza conclusiva de la argumentación a partir de la geografía, véase Benedetti, *Consideratione* (1579):14. (*N. del a.*)

cxlvii Compárese con el contemporáneo de Dante, Levi ben Gerson, más conocido como Gersónides, que sostenía que había evidencia observacional incompatible con la teoría de Ptolomeo de los epiciclos: «No hay argumento que pueda invalidar la realidad que se percibe mediante los sentidos; porque la verdadera opinión ha de seguir la realidad, pero la realidad no necesita amoldarse a la opinión». (Goldstein, «Theory and Observation», 1972:47). Tales afirmaciones podían justificar opiniones minoritarias; antes de 1492, nunca fueron concluyentes a la hora de establecer un debate intelectual. (*N. del a.*)

cxlviii Más o menos por la misma época, tal como hemos visto (véase «Esta indiferencia hacia lo que llamaremos los hechos...»), se reconoció de manera general que la afirmación de que los trópicos eran inhabitables había sido refutada por la experiencia. (*N. del a.*)

cxlix De manera parecida, Ptolomeo había demostrado que ningún sistema planetario homocéntrico podía explicar los fenómenos observados, pero los filósofos todavía intentaban producir un sistema de este tipo bien entrado el siglo XVI. (*N. del a.*)

cl *Tachybaptus ruficollis*. (*N. del t.*)

cli En realidad, la pronunciación «a la italiana» (haciendo que las *c* sonaran como *ch*), que era la propia en la Edad Media y el Renacimiento (y la de Bruno), ha sido sustituida en los últimos tiempos por la que parece más acorde con el latín clásico, en que las *c* se pronuncian como *qu*. (*N. del t.*)

clii Veinticinco años más tarde, habiendo muerto todos estos, los números eran parecidos: en 1608 podemos contar a Kepler, Galileo, Harriot y Stevin. Es digno de mención que antes de la nova de 1572, Copérnico solo tenía un firme defensor: Rheticus. (*N. del a.*)

cliii Las lecciones de Henry Savile sobre astronomía, impartidas en Oxford en los primeros años de la década de 1570, contenían «largos pasajes... copiados palabra por palabra de Ramus» (Goulding, «Henry Savile and the Tyconic World-system», 1995:153). (*N. del a.*)

cliv *La Cena de le Ceneri* (1584); *De la causa, principio, et uno* (1584); *De l'infinito universo et mundi* (1584); *Spaccio de la Bestia Trionfante* (1584); *Cabala del cavallo Pegaseo-Asino Cillenico* (1585); *De gli heroici furori* (1585). (*N. del a.*)

clv Esta idea la sostenía todavía Isaac Beeckman, quien tiene motivos para reclamar ser el fundador de la filosofía mecánica, en los años posteriores a 1616: Berkel, *Isaac Beeckman* (2013):98-99. (N. del a.)

clvi Para una discusión extensa de derecha e izquierda, arriba y abajo en el universo, véase Oresme, *Le livre du ciel et du monde* (1968):315-355, escrito originalmente en 1377. Oresme sostenía que una de las principales ventajas de que fuera la tierra, y no los cielos, lo que giraba sería (puesto que la rotación en sentido contrario a las agujas del reloj es la dirección correcta de rotación, en el sentido que implica que la manecilla grande pasa por encima de la pequeña) que «arriba» se convertiría en el norte en lugar de sur, como debe ser si los cielos giran alrededor de la tierra. Esto nos colocaría en el hemisferio «superior» más noble. Esto no aparecía en argumentos posteriores en favor del copernicanismo (aunque todavía era importante para Calcagnini; Calcagnini, *Opera aliquot*, 1544:391), presumiblemente debido a que a mediados del siglo XVI los cartógrafos habían abandonado ya la orientación aristotélica y árabe (el sur es arriba) por la orientación moderna (el norte es arriba). (N. del a.)

clvii La creencia en un universo heliocéntrico todavía no era condenada por la Iglesia: no se prohibió hasta 1616 y así permaneció hasta 1758, cuando el Índice omitió la prohibición general de los libros que enseñaban el heliocentrismo; el propio Copérnico continuó siendo prohibido hasta 1822. Sucede que no sabemos exactamente cuáles fueron los cargos contra Bruno, pues el archivo que registra su juicio fue llevado a París (junto con el archivo del juicio de Galileo y otros documentos de la Inquisición) cuando Napoleón conquistó Roma. Después de la derrota de Napoleón, el papado reclamó los archivos, pero muchos desaparecieron en el viaje de retorno, probablemente vendidos para ser reciclados para cubrir los gastos. (N. del a.)

clviii *Big Bang*. (N. del t.)

clix Antes de Bruno, esta opinión la habían manifestado Al-Battani (858-929) y Witelo (c.1230-c. 1290): Horrocks, *Venus Seen on the Sun* (2012):73. (N. del a.)

clx Unos 577 000 kilómetros. (N. del t.)

clxi Copérnico tuvo que haber esperado ciertamente que su audiencia creyera en las esferas y en el universo finito (las dos cuestiones están conectadas, puesto que un universo hecho de esferas es necesariamente finito), y sus contemporáneos lo leyeron como si él también creyera en ellas. Pero ¿creía en ellas? Dejó de lado explícitamente la cuestión de si el universo era infinito, y su discípulo Rheticus tachó las palabras *orbium coelestium* («esferas celestes») de la portada de ejemplares de presentación (Gingerich, *An Annotated Census*, 2002:xvi, 32, 135, 153, 209; de esta información no dispuso Rosen, en su nota sobre este tema: Copérnico, *De revolutionibus*, 1978:33-34). Rosen piensa que Copérnico creía en esferas materiales porque utiliza los términos *sphaera* y *orbis*; pero Kepler utiliza asimismo estas palabras en el *Epitome astronomiae copernicanae* (los tres primeros libros se titulan *De doctrina sphaerica*) y ciertamente no creía en esferas materiales: simplemente empleaba el vocabulario convencional cuando tenía que hacerlo con el fin de hacerse entender. Barker, «Copernicus, the Orbs and the Equant» (1990), señala que las esferas copernicanas no están realmente «anidadas» pues hay espacios entre ellas, pero en otros aspectos adopta una línea convencional. Con el fin de tener un copernicanismo con esferas es necesario tener una explicación de la manera en que el sistema Tierra/luna está fijado a una esfera, que es algo que evidentemente falta. Sospecho que Copérnico pretendía dejar margen para la duda sobre sus ideas en ambas cuestiones. (N. del a.)

clxii Y cabe señalar que Oresme había entendido el principio crucial, que una combinación de movimientos circulares puede producir la apariencia de movimiento rectilíneo, en apariencia de manera independiente de ninguna fuente árabe. (Kren, «The Rolling Device», 1971). (N. del a.)

clxiii 34 800 kilómetros y 1,450 kilómetros por hora, respectivamente. (N. del t.)

clxiv Espectáculo erótico contemplado desde una pequeña abertura. (N. del t.)

clxv Algunas de las ilustraciones de las imágenes de Brunelleschi imponen este patrón de tablero de ajedrez en las *piazze* que hay en primer plano con el fin de hacer más evidente que estas son

representaciones de tres dimensiones; pero dichos patrones no se corresponden a nada del mundo real, y por lo tanto a nada en sus imágenes. (N. del a.)

clxvi Véase la lámina 11. (N. del a.)

clxvii Véase la lámina 10. (N. del a.)

clxviii En el sentido derecha-izquierda. (N. del t.)

clxix Véase la lámina 12. (N. del a.)

clxx Véase la lámina 18. (N. del a.)

clxxi Por esta razón es presumible que el primer biógrafo de Pacioli, Bernardino Baldi, que escribía a finales del siglo XVI, atribuyera el cuadro a Piero della Francesca, cuyo experto conocimiento de los sólidos regulares era bien conocido. Piero era, según Baldi, un amigo de Pacioli; procedían del mismo pueblo, Sansepolcro, y Piero pudo haber sido el maestro de Pacioli. Pero el cuadro no puede ser de Piero porque Piero ya estaba muerto cuando se hizo la pintura. (N. del a.)

clxxii Jacob Soll afirma que el joven es el mismo Guidobaldo de Montefeltro, y señala: «Un contable nunca volvería a ser pintado en relación de superioridad con un noble». Esto es del todo implausible; y en cualquier caso, tenemos un buen retrato de Guidobaldo, atribuido a Rafael, y este no es él. (Soll, *The Reckoning*, 2014:50; cita del pie de una ilustración). (N. del a.)

clxxiii No hay evidencias directas en relación a la fecha de nacimiento de De' Barbari, pero se le describía como viejo y enfermo en 1512; su primera obra fechada con seguridad es de 1500. Se suponía que nació entre 1440 y 1550; ahora se aduce que nació en la década de 1470, pero la argumentación es circular porque depende en gran parte de aceptar que el retrato de Pacioli era obra suya, al tiempo que se reconoce que no se parece a su obra. (Gilbert, «When Did a Man in the Renaissance Grow Old?», 1967; Levenson, «Jacopo de' Barbari», 2008). (N. del a.)

clxxiv «Pintado», no «pintó». (N. del t.)

clxxv Véanse las láminas 13 y 14. (N. del a.)

clxxvi Véase la lámina 17. (N. del a.)

clxxvii Esta es la razón por la que no perdura ninguna copia de la *Geografía* de Ptolomeo acompañada de los mapas que Ptolomeo describe, ni ninguna copia del gran libro de Vitruvio sobre arquitectura (producido mientras Augusto era emperador, 27 a. de C.- 14 d. de C). sobrevive acompañada de esquemas. En cualquier caso, los esquemas que originalmente acompañaban el texto de Vitruvio eran pocos en número y muy rudimentarios. La primera edición ilustrada apareció en 1511. (N. del a.)

clxxviii A veces se ha dicho que esta es la fecha en la que se inicia el Renacimiento propiamente dicho. La fecha alternativa previa, para aquellos a quienes gusta imaginar que las transformaciones culturales pueden ser confinadas dentro de fechas precisas, es la del redescubrimiento por Petrarca de las cartas de Cicerón a Ático en 1345, que simboliza el redescubrimiento del legado cultural de la antigua Roma, mientras que la caída de Constantinopla sirve como hito del redescubrimiento del legado cultural de la antigua Grecia. (N. del a.)

clxxix Montaña del rey. (N. del t.)

clxxx Un instrumento bastante diferente era el nocturno: permitía establecer la hora de noche, siempre que se supiera la fecha, a partir de la posición de las estrellas en la constelación de la Osa Mayor, que gira alrededor de la Estrella Polar. Aquí, el ángulo que se mide no es entre el observador y dos objetos distantes, sino que se leen las estrellas como si fueran las manecillas de un reloj. (N. del a.)

clxxxi Es evidente que un papel crucial fue el que desempeñó el *Scriptum de cometa* («Discurso sobre el cometa», 1585), de Christoph Rothmann, que atacaba directamente la doctrina de las esferas: Granada, Mosley *et al.*, *Christoph Rothmann's Discourse* (2014). (N. del a.)

clxxxii Este relato tiene un giro inesperado. La primera incursión de Galileo en la astronomía fue para insistir en que las mediciones de paralaje demostraban que la nova de 1604 se hallaba en los cielos, y este era todavía un argumento de importancia fundamental para él en 1632. Pero

en 1618 (poco después que la iglesia Católica hubiera condenado el copernicanismo) rechazó la afirmación de que las mediciones de paralaje demostraran que los cometas estaban en el cielo: podrían ser simplemente, razonaba, una reflexión o refracción de la luz del sol, como un arco iris, en cuyo caso no tendrían una paralaje medible. El argumento era tremendamente débil: no ofrecía ninguna explicación de por qué los cometas no parecen moverse con el observador, como hacen los arcos iris, ni por qué eran visibles desde todos los puntos de la Tierra y a todas horas de la noche. Equivalía a una defensa de Aristóteles frente a la nueva astronomía. Si Galileo se lo tomó realmente en serio (no hay ninguna indicación de que nadie más, aparte de su alumno, Castelli, lo hiciera), entonces el intento de Brahe de ligar de manera indisoluble datos, fenómenos y teoría era equivocado. Pero es improbable que Galileo creyera lo que decía. Estaba enzarzado en una polémica con los jesuitas, que habían abandonado a Ptolomeo y adoptado a Brahe; de modo que a Galileo le encantaba plantear cualquier argumento, por disparatado que fuera, que disminuyera la autoridad de Brahe y pudiera hacer que sus lectores compartieran su propia creencia fundamental (que, en las circunstancias de la época, no se atrevía a formular) de que no podía haber ninguna teoría astronómica coherente aparte del copernicanismo. Si se lo hubiera tomado en serio, entonces (como con su argumento de que las mareas demuestran que Copérnico está en lo cierto: la Tierra se mueve) los contemporáneos tenían derecho a ignorarlo, y nosotros también. Wootton, *Galileo* (2010):157-70. (N. del a.)

^{clxxxiii} Kepler: «Cada año, especialmente desde 1563, el número de textos publicados en cada campo es mayor que todos los producidos en los últimos mil años. Gracias a ellos se ha creado hoy en día una nueva teología y una nueva jurisprudencia; los paracelsianos han creado la medicina de nuevo y los copernicanos han creado la astronomía de nuevo. Creo realmente que finalmente el mundo está vivo, de hecho bulle, y que los estímulos de estas notables conjunciones no actúan en vano». *De stella nova* (1608), citado de Jardine, *The Birth of History and Philosophy of Science* (1984):277-8. (N. del a.)

^{clxxxiv} Yo prefiero la frase «la matematización del mundo» más que «de la naturaleza», porque me parece que «naturaleza» implica que está implicada la biología, y no solo la física. (N. del a.)

^{clxxxv} Casi todos los primeros científicos contribuyeron a diversas disciplinas (las únicas excepciones importantes son unos pocos médicos, como William Harvey). Gilbert, el médico y científico experimental, había sido un examinador matemático cuando fue miembro del St. John's College de Cambridge, y su objetivo fundamental era demostrar la verdad del copernicanismo. Galileo hizo contribuciones a la física y a la astronomía, al tiempo que enseñaba fortificación y óptica. Stevin publicó sobre álgebra, ingeniería, astronomía, navegación y contabilidad. Huygens trabajó las matemáticas del péndulo y en el diseño de relojes, pero también descubrió los anillos de Saturno. Mercator y los Cassini (empezando con Giovanni Domenico Cassini) eran a la vez cartógrafos y astrónomos. Boyle publicó sobre física y química. Newton practicó la alquimia al tiempo que publicaba sobre física y óptica. Daniel Bernouilli publicó sobre astronomía así como sobre probabilidad. Incluso el relativamente inculto Leeuwenhoek, el primer gran microscopista, que no sabía latín, tenía los conocimientos de agrimensor. A menudo hemos perdido de vista su rango de intereses: Brahe y Halley son bien conocidos como astrónomos, pero ¿quién recuerda que también fueron cartógrafos? A Copérnico se le recuerda ahora solo como astrónomo, pero era un experto en la reforma monetaria que publicó un tratado, *Monetae cudendae ratio* («Sobre la teoría de la acuñación de moneda», 1526), en el que formuló la que ahora conocemos como ley de Gresham, que la mala moneda expulsa a la buena. El carácter fundamentalmente interdisciplinar de la nueva ciencia continuó siendo cierto al menos hasta Leonhard Euler (1707-1783), quien reconceptualizó la balística y las órbitas planetarias, estuvo en desacuerdo con Newton a propósito de la óptica y escribió extensamente sobre música. Al pasar de una disciplina a otra, los nuevos científicos llevaron consigo una serie de supuestos acerca de cómo construir nuevo conocimiento. Son estos supuestos el núcleo mismo de la Revolución Científica. (N. del a.)

clxxxvi *For of Meridians, and Parallels, / Man hath weaved out a net, and this net throwne / Upon the Heavens, and now they are his owne. / Loth to goe up the hill, or labour thus / To goe to heaven, we make heaven come to us.*

clxxxvii Para una discusión maravillosamente confusa de este episodio, véase Mignolo, *The Darker Side of the Renaissance* (2010):219-226, que ataca a Ricci por comportarse «como si la geometría fuera la garantía de un orden no étnico y neutral de la forma de la tierra». Esta queja solo tiene sentido si se supone (como hace Mignolo) que el conocimiento objetivo no existe, que todos los saberes son étnicos y partidarios. (*N. del a.*)

clxxxviii Véase el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas, n.º 6.

clxxxix En realidad, *nix* es tanto nieve como copo de nieve. (*N. del t.*)

cxc Ácaros minúsculos de la familia Trombicúlidos. (*N. del t.*)

cxcí En el siglo XVII las noticias tardaban unas tres semanas en llegar desde el norte de Italia a Praga, de modo que las noticias de Wacker tenían que proceder de alguien que se había enterado del libro cuando se estaba imprimiendo, aunque Galileo había intentado ciertamente mantener secreto su descubrimiento durante tanto tiempo como le fue posible; la fuente de Wacker se encontraba presumiblemente en Florencia, donde los informes del descubrimiento de Galileo se empezaron a difundir cuando este pidió el permiso para dedicar su libro a Cosme de Médici y para bautizar a las nuevas estrellas con su nombre. (*N. del a.*)

cxcii Entre 1622 y 1635, Isaac Beeckman, en Holanda, se esforzó para producir un telescopio comparable en calidad a los que Galileo tenía en 1610. Parece que fracasó. Berkel, *Isaac Beeckman* (2013):68-69. (*N. del a.*)

cxciii Si se exceptúa el viaje a la luna de la *Historia verdadera* de Luciano de Samosata (siglo II d. de C). (*N. del t.*)

cxciv Véase el capítulo 4. (*N. del a.*)

cxcv Por ejemplo, los tránsitos de Mercurio (que tienen lugar cada siete años aproximadamente) y de Venus (que se dan en pares, pero separados por más de un siglo), solo pueden verse con un telescopio (de poca potencia): Kepler pensaba haber visto un tránsito de Mercurio en 1607 con una cámara oscura, pero se equivocaba (Van Helden, *Measuring the Universe*, 1985:96-99). El primer tránsito de Mercurio lo vio Gassendi en 1631; el de Venus lo vio Horrocks en 1639. El trabajo de Horrocks condujo a una reevaluación radical de la escala del sistema solar: Van Helden, *Measuring the Universe* (1985):95-117; Horrocks, *Venus Seen on the Sun* (2012). Observaciones a simple vista pero adecuadas de novae y cometas podían producir resultados incompatibles con la astronomía de las esferas celestes, pero dichos resultados eran irrelevantes para las predicciones planetarias. (*N. del a.*)

cxcvi Su equivalencia se demuestra en Swerdlow, «An Essay on Thomas Kuhn's First Scientific Revolution» (2004):106-111. (*N. del a.*)

cxcvii Tal como Copérnico escribió en la carta introductoria al papa Pablo III en *De revolutionibus*: «los que han confiado en la homocéntrica no han sido capaces de establecer nada cierto que corresponda a los fenómenos» (traducción de Barker, «Copernicus and the Critics of Ptolemy», 1999:345). (*N. del a.*)

cxcviii Galileo dice que espera celebrar la Pascua en Roma, pero reconoce que su razón primordial para ir allí es «para cerrar la boca de mis detractores de una vez por todas». Era la aparición de Venus, y no el calendario de la Iglesia, lo que era el origen de su sensación de urgencia. (Galilei, *Le Opere*, 1890, vol. 11:67, 71). (*N. del a.*)

cxcix Ariew, «The Phases of Venus before 1610» (1987), argumenta que se podía haber adaptado la astronomía ptolemaica para dejar margen para las fases de Venus haciendo que el sol fuera el centro del epiciclo de Venus, lo que efectivamente hubiera hecho que Venus (y por implicación Mercurio) fueran lunas del sol. Esto habría presentado ciertamente dificultades para la teoría de las esferas celestes, y los contemporáneos lo consideraban más próximo al sistema tiónico que al ptolemaico. También aduce (Ariew, «The Initial Response to Galileo's Lunar Observations», 2001) que el relato escolástico de la superficie lunar pudo sobrevivir a los

descubrimientos telescópicos de Galileo; pero aquí no distingue adecuadamente entre manchas (mares) en la superficie de la luna y pautas cambiantes de luz y oscuridad (que Galileo interpretaba como sombras y espacios iluminados). En marzo, Clavio, que no se quedaba atrás, no pudo ofrecer ninguna solución a los problemas presentados por los nuevos descubrimientos de Galileo (véase Clavio, *Opera mathematica*, 1611, vol. 3:75; traducido en Lattis, *Between Copernicus and Galileo*, 1994:198); esta es quizá la fuente de la afirmación de John Wilkins de que «Se informó de Clavio que cuando se hallaba en su lecho de muerte y oyó las primeras noticias de aquellos descubrimientos que había hecho Galileo con su lente, emitió estas palabras: *Videre Astronomos, quo pacto constituendi sunt orbes Coelestes, ut haec Phaenomena salvari possint*. Es decir, corresponde a los astrónomos considerar algunas otras hipótesis, además de la de Ptolomeo, mediante las cuales se pudieran salvar todos estos nuevos aspectos». Wilkins, *A Discourse* (1640), II:21. Pero es conveniente tener presente que la crisis real del sistema ptolemaico no ocurrió en marzo, sino en mayo, de modo que hacia el final de su vida (murió en febrero de 1612), Clavio pudo haber deseado efectivamente reconocer que el sistema ptolemaico era indefendible; al menos esto es lo que decía Margherita Sarrocchi en agosto de 1611. (N. del a.)

cc *In Sphaeram Iohannis de Sacro Bosco Commentarius*. (N. del t.)

ccí La afirmación de que la tierra es una mota comparada con el universo ya la había hecho Plinio: *Historia natural*, II:68. Se convirtió en un tema de discusión típico: Giambattista Capuano da Manfredonia la discutió extensamente en el siglo XV (Gaurico, Prosdocimus *et al.*, *Sphaera tractatus*, 1531:78rv). En 1505 Alejandro Achillini había preguntado si la tierra tendría el aspecto de un diminuto punto (*punctum*) si se la viera desde el espacio. La respuesta es que, simplemente, sería invisible, perdida contra la negrura del cielo: Achillini, *De elementis* (1505):85r; véase también Barozzi, *Cosmographia* (1585):32. Piccolomini, *De la sfera del mondo* (1540):10v-11r, sostiene que la tierra sería *casi* invisible si se la viera desde las estrellas. (Para Achillini, la tierra es la esfera del elemento tierra: la esfera de agua sería invisible porque es transparente; de otro modo, sería visible durante los eclipses de la luna). Copérnico, que se daba cuenta de que su universo tenía que ser mucho mayor que el de Ptolomeo, había insistido en que la Tierra era meramente un *punctum* comparada con el cosmos, pero su *punctum* es un punto matemático, que por definición es infinitesimal: Copérnico, *De revolutionibus* (1978):13. Véase también Benedetti, *Consideratione* (1579):29; aquí, Benedetti escribe como un astrónomo ptolemaico, aunque su pensamiento puede estar influido por su compromiso con el copernicanismo. Bodin se engañaba al entender que el copernicanismo rescataba a la Tierra de ser un simple punto: Bodin, *Universæ naturæ theatrum* (1596):581 = Bodin, *Le Théâtre de la nature universelle* (1597):838. (N. del a.)

ccii Fontenelle se divertía con la idea de que en la Vía Láctea estrellas y planetas eran tan numerosos y estaban tan juntos que los pájaros podían volar de un planeta a otro; en un momento más serio argumentaba que un animal de la luna se ahogaría en nuestra atmósfera, lo que haría que los viajes interplanetarios solo fueran posibles entre planetas con atmósferas similares (Rawson, «Discovering the Final Frontier», 2015; Fontenelle, *Entretiens sur la pluralité des mondes*, 1955:98-99, 134). (N. del a.)

cciii Una excepción en este sentido es *The Description of a New World* (1666), de Cavendish; esta autora consigue escribir acerca de vida extraterrestre sin describir el viaje espacial, y sin invocar un sentido desorientador de la enorme extensión del universo. (N. del a.)

cciv En fecha tan tardía como 1689, el filósofo y médico John Locke (que, en general, estaba perfectamente abierto a nuevas ideas) rechazó el microscopio como un instrumento que pudiera ser útil para la medicina, sobre la base de que un tal uso implicaba que Dios no nos había equipado adecuadamente para cuidar de nuestra propia salud, una opinión incompatible con el respeto adecuado para la deidad. Locke, *An Essay* (1690):140-141. (N. del a.)

ccv Aunque las medidas «reales» no importan, tratándose de una obra de ficción, las cifras que se dan en el original de Voltaire son 36 kilómetros y 1,8 kilómetros de alto, respectivamente. (*N. del t.*)

ccvi *So, Nat'ralists observe, a Flea / Hath smaller Fleas that on him prey, / And these have smaller Fleas to bite 'em; / And so proceed ad infinitum.*

ccvii Swift, *On Poetry* (1733):20. La idea se remonta a Power, *Experimental Philosophy* (1664):20: «Pulgas y piojos pueden tener otros piojos que se alimentan de ellos, como lo hacen con nosotros». (*N. del a.*)

ccviii Michael Hunter (comunicación personal) sugiere que el gusano es un espécimen en una vitrina de curiosidades; pero tiene que ser, o así me lo parece, un ser vivo, no un espécimen, porque solo un animal vivo puede tener conocimiento o capacidad de comprensión. (*N. del a.*)

ccix Hasta el día de su muerte en 1687 el gran astrónomo polaco Johannes Hevelius insistía en hacer mediciones de las estrellas y los planetas únicamente con instrumentos de simple vista: otros afirmaban que la invención de la mira telescópica y el ocular micrométrico hacía posible una precisión mucho mayor, pero Hevelius no estaba convencido (y resulta que con razón, porque sus instrumentos estaban diseñados para permitir que el ojo humano funcionara con la máxima acuidad, de manera que Hevelius podía distinguir hasta cinco segundos de arco, mientras que Hooke, el gran defensor de las miras telescópicas, afirmaba haber demostrado experimentalmente que el ojo humano era incapaz de distinguir por debajo de treinta segundos de arco). Sin embargo, a Hevelius le encantaba utilizar telescopios para otros fines, como cartografiar la luna, y acabó construyendo un enorme telescopio de 150 pulgadas. Buchwald y Feingold, *Newton and the Origin of Civilization* (2013):44-52. (*N. del a.*)

ccx La discusión que hace Kuhn de las fases de Venus (Kuhn, *The Copernican Revolution* (1957):222-224) es profundamente insatisfactoria. Kuhn da por sentada una cuestión central que solo se resolvió por el descubrimiento de las fases: que los planetas brillan por la luz reflejada. Describe que las fases proporcionaron «una evidencia sólida de que Venus se desplaza en una órbita centrada en el sol», cuando se podría decir mejor que proporcionan evidencia concluyente. Y llega a esta conclusión: «Ninguna de las controversias discutidas hasta ahora, excepto quizá la última [es decir, las fases de Venus], proporciona evidencia directa para los principales dogmas de la teoría de Copérnico»; esta es una excepción muy sustancial, que pone en entredicho su afirmación central de que la evidencia nunca es decisiva a la hora de sellar disputas científicas (Wootton, *Galileo*, 2010:178-179). En *Structure*, basándose en su argumento erróneo de que el copernicanismo había triunfado antes de la invención del telescopio (vale la pena señalar, en respuesta, que en 1632 Scheiner afirmaba que el modelo híbrido ptolemaico/ticónico era ahora aceptado de manera universal), Kuhn presenta las fases de Venus como influyentes, pero influyentes «en particular entre los no astrónomos» (Kuhn, *Structure*, 1970:155). (*N. del a.*)

ccxi Kuhn, *The Copernican Revolution* (1957):220: «Al llegar cuando lo hizo, el trabajo astronómico de Galileo contribuyó primariamente a una operación de barrido, efectuada cuando la victoria ya se hallaba claramente a la vista». (*N. del a.*)

ccxii La cosa habla por sí sola. (*N. del t.*)

ccxiii Lo mejor que se puede hacer en latín es «El mundo es la totalidad de juicios verdaderos (*sententiae*), no de cosas»; pero esta es una afirmación muy diferente, porque los juicios se hacen y los hechos no, y *sententiae* incluirían juicios de valor, como «asesinar está mal». (*N. del a.*)

ccxiv «...un montón indigerible de detalles»; «deseamos que los hombres aprendan y perciban qué cosa severa es la verdadera *Inquisición* de la naturaleza; y que se acostumbren, a la luz de los detalles, a ampliar su mente, hasta la amplitud del mundo; y que no reduzcan el mundo a la estrechez de su mente». Bacon, *Sylva sylvarum* (1627):A1r, 74. (*N. del a.*)

ccxv Según Bruno Latour, Gaston Bachelard, el gran filósofo de la ciencia francés, afirmaba que «un fait est fait»: un hecho es un artefacto, o los hechos son hechos (Latour, «The Force and the

Reason of Experiment», 1990:63). Pero no puedo encontrar la frase en Bachelard. Asimismo, Steven Shapin atribuye a Ludwik Fleck la opinión de que los hechos se hacen o se inventan (Shapin, «A View of Scientific Thought», 1980), pero el lenguaje no es el de Fleck. Latour y Shapin quieren transmitir la idea de que los hechos son fabricados, pero sin tomar responsabilidad por ello. Pierre Bourdieu se ha quejado de los que adoptan «una estrategia típica, la de proponer una posición muy radical (del tipo: el hecho científico es una construcción o —desliz— una fabricación, y por lo tanto un artefacto, una ficción) antes de batirse en retirada, frente a las críticas, y volver a las banalidades, es decir, a la cara más ordinaria de nociones ambiguas tales como "construcción", etc». (Bourdieu, *Science of Science*, 2004:26-27). (N. del a.)

ccxvi Los posmodernistas suelen asumir que debido a que los hechos se expresan en lenguaje son intrínsecamente discutibles. Así, Jonathan Goldberg declara su oposición a los que «suponen... que existen determinados hechos indiscutibles; en lugar de permitir que lo que cuenta como factual es en sí mismo una formación discursiva» (Goldberg, «Speculations: *Macbeth* and Source», 1987:244). Debería ser evidente que los hechos pueden a la vez ser indiscutibles y tener significado solo dentro de determinadas convenciones discursivas; por ejemplo: Washington es la capital de Estados Unidos de América, o 1 centímetro equivale aproximadamente a 0,39 pulgadas. (N. del a.)

ccxvii Véase anteriormente «Hacia 1700 toda persona culta estaba familiarizada...».

ccxviii Una esfera. (N. del t.)

ccxix Personaje de *Peter Pan* y *Wendy*, de J. M. Barrie. (N. del t.)

ccxx *Barnacle* es percebe en inglés. (N. del t.)

ccxxi Se podría pensar que los autores del Renacimiento, sencillamente, no estaban muy preocupados por ser consistentes. No creo que esto sea correcto; la inconsistencia suele ser (¡pero no en este caso!) el resultado de nuestra interpretación incorrecta de lo que dicen. Como un ejemplo sorprendente, compárese la interpretación de Stephen Orgel de la *Microcosmographia* de Helkiah Crooke (1615) sobre las diferencias anatómicas entre los sexos, en el curso de la cual Orgel afirma que para Crooke «la verdad o falsedad científica» de un argumento no es simplemente una cuestión, que no ve «necesidad de reconciliar los argumentos científicos en conflicto», con el resultado de que se contenta con proponer argumentos que son mutuamente incompatibles (de hecho, en opinión de Orgel, la consistencia es una virtud «posterior a la Ilustración»), con la refutación de Janet Adelman: Orgel, *Impersonations* (1996):21-24; Adelman, «Making Defect Perfectio» (1999): 36-39 y n. 29. (N. del a.)

ccxxii «Porque Dios, la primera causa e iniciador de las cosas, tal como dijo *Macrobio*, había creado y engendrado de su propia fecundidad un espíritu, el espíritu engendró un alma (pero la verdad del cristianismo decía otra cosa), el alma está dotada parcialmente de razón, a la que confiere cosas divinas, como el cielo y las estrellas (porque por ello se dice que tienen espíritus divinos), y en parte poderes sensitivos y vegetativos, que confiere a cosas frágiles y transitorias. *Virgilio*, que percibía todo esto muy bien, llamaba a este espíritu el alma del mundo... Pero la verdad del cristianismo sostenía que las almas no proceden del espíritu, sino de manera inmediata del propio Dios». Della Porta, *Natural Magick* (1658):7-8. (N. del a.)

ccxxiii Reginald Scot utilizó naturalmente este relato en su *Discovery of Witchcraft* (1584). (N. del a.)

ccxxiv Elementos. (N. del t.)

ccxxv Dt 23, 1. (N. del t.)

ccxxvi Para ulteriores informes sobre el mismo dispositivo, Passannante, *The Lucretian Renaissance* (2011):1-2; Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing* (1661):202-204. (N. del a.)

ccxxvii Una frase que posteriormente haría famosa Marx en el *Dieciocho brumario* en la forma variante *hic Rhodus, hic salta*. (Para una explicación de la derivación de la frase de Marx en un juego de palabras de Hegel,

http://berlin.wolf.ox.ac.uk/lists/quotations/quotations_by_ib.html, consultado el 22 de diciembre de 2014). (N. del a.)

ccxxviii El desorden epistemológico que, en la cultura occidental, caracteriza las referencias a la experiencia antes de la Revolución Científica no es una característica necesaria de las sociedades precientíficas. Los matsés, una tribu amazónica, están obligados a especificar, siempre que emplean un verbo, «exactamente cómo llegan a saber acerca de los hechos de los que informa. Hay formas verbales separadas en función de si uno está informando de una experiencia directa (viste a alguien pasando ante tus ojos), de algo inferido a partir de evidencia (viste huellas en la arena), de conjetura (la gente siempre pasa por aquí a esta hora del día) o de habladorías (tu vecino te dijo que había visto pasar a alguien). Si se informa de una declaración con la forma de evidencia incorrecta, se considera una mentira. Así, si, por ejemplo, le preguntas a un hombre matsé cuantas esposas tiene, a menos que pueda ver a sus esposas en aquel mismo momento, responderá en pasado y dirá algo parecido a... "Había dos la última vez que lo comprobé"». (Deutscher, *Through the Language Glass*, 2010:153). (N. del a.)

ccxxix Horacio, Epístolas I.i, líneas 14-15: Nullius addictus iurare in verba magistri, / quo me cumque rapit tempestas, deferor hospes. («No estoy obligado a jurar lealtad a maestro alguno, / a donde me arrebatara la tempestad me dejo llevar en busca de refugio»). Véase «Puede ser difícil de creer...». (N. del a.)

ccxxx *Let us assay our plot; which, if it speed, / Is wicked meaning in a lawful deed / And lawful meaning in a lawful act, / Where both not sin, and yet a sinful fact.*

ccxxxii Permitaseme añadir como un aparte que una palabra de la que naturalmente pensamos que está emparejada con la palabra «hecho», la palabra «ficción», entra en el idioma inglés en la década de 1590; el término «ficción» antedata la idea moderna de hecho. (N. del a.)

ccxxxiii Las tres ocasiones en las que Florio sigue a Montaigne son: «No tengo a nadie a quien culpar por mis faltas o infortunios, sino a mí mismo. Porque, efectivamente, rara vez sigo los consejos de otros a menos que sea solo como complemento, y cuando tengo necesidad de instrucción o conocimiento del hecho» (Montaigne, *Essays*, 1613:456); «Verdad es que no desato las pruebas y razones basadas en el hecho y la experiencia; porque en realidad no tienen extremo; sino que a veces las corto, como Alejandro hizo con su nudo» (582); «Y si no fuera porque lo que hago por falta de memoria, otros lo hacen con más frecuencia por falta de fe, en asuntos de hecho nunca tomaría la verdad por boca de otros, sino solo por la mía» (605). Pero allí donde Montaigne dice: «Je vois ordinairement que les hommes, aux faits qu'on leur propose, s'amuse plus volontiers à en chercher la raison qu'à en chercher la vérité», Florio dice: «De ordinario veo que los hombres, en asuntos que se les proponen, con más afición se divierten y se afanan en buscar las razones que en descubrir la verdad de los mismos» (578). Y allí donde Montaigne dice «joint qu'à la vérité il est un peu rude et quereleux de nier tout sec une proposition de fait», Florio dice: «puesto que verdaderamente, es un humor rudo y quejumbroso, negar de plano una proposición» (579). (N. del a.)

ccxxxiiii En inglés moderno hay dos palabras distintas, *human* [humano] y *humane* [compasivo], pero en el inglés del siglo XVII hay una única palabra, que por lo general se escribe *humane*, con dos significados distintos. *Humane* aquí, y en el título del *Essay* de Locke, significa 'humano'. (N. del a.)

ccxxxv «Si un hombre ve en el presente lo que vio antes, piensa que aquello que fue antecedente a lo que vio antes es también antecedente a lo que ve en el presente. Por ejemplo: quien ha visto que después del fuego quedan cenizas, y ahora vuelve a ver cenizas, llega a la conclusión de que ha habido fuego. Y esto se denomina *conjetura* del pasado, o presunción del hecho. Cuando un hombre ha visto con mucha frecuencia que antecedentes iguales son seguidos por consecuentes iguales, *cuando quiera que* ve el antecedente, busca de nuevo el consecuente; o cuando ve el consecuente, se dice que ha habido un antecedente parecido. Y entonces denomina al antecedente y al consecuente *señales* uno del otro, al igual que las nubes son señales de la lluvia que vendrá, y la lluvia señal de las nubes pasadas» (Hobbes, *Humane*

nature, 1650:37-38); «...hay dos tipos de conocimiento, de los que *uno* no es otra cosa que *sentido*, o conocimiento *original*... y el *recuerdo* del mismo; el *otro* se denomina *ciencia*, o conocimiento de la *verdad de las proposiciones*, y cómo se llaman las cosas; y procede de la *comprensión*. Y de estos dos tipos de conocimiento, de los que el primero es *experiencia del hecho*, y el otro *evidencia de la verdad*; y el *primero*, si es grande, se llama *prudencia*, mientras que el *segundo*, si es mucho, por lo general ha sido llamado, tanto por los escritores antiguos como por los modernos, *sapiencia* o sabiduría. Y de este *último*, solo el *hombre* es capaz; del *primero*, las *bestias* también participan». (60-1; 64-65). (N. del a.)

ccxxxv «Un ejemplo, *de facto*» (Prolegomena to Helmont & Charleton, *A Ternary of Paradoxes*, 1649:c2v): «Porque voy directamente al examen del *hoti*, o *hecho*». (d1r). Para ejemplos de la traducción, acompañados del original latino, véase la nota final 98. (N. del a.)

ccxxxvi «El registro del *conocimiento del hecho* se llama *historia*. De la que hay dos tipos: uno, llamado *historia natural*, que es la historia de tales hechos o efectos de la naturaleza, que no dependen de la *voluntad* del hombre. Tales son las historias de *los metales*, *las plantas*, *los animales*, *las regiones*, etcétera. El otro es la *historia civil*, que es la historia de las acciones voluntarias de los hombres en sus comunidades». Hobbes, *Leviathan* (1651):40. (N. del a.)

ccxxxvii Por ejemplo, Arnauld y Nicole, *Response au P. Annat* (1654), Avant-Propos: «Or tout le monde demeure d'accord, que les Papes sont point garands de la verité des faits qu'on leur propose, et qu'ils rapportent en suite dans l'expositif de leurs Rescrits et de leurs Constitutions...». En Arnauld, *Première lettre apologétique de Monsieur Arnauld Docteur de Sorbonne; À un évêque* (1656):12, niega que el papa y los obispos puedan determinar «un point purement de fait, & dont les yeux sont juges». (N. del a.)

ccxxxviii Pascal, *Les Provinciales* (1657):48-49 (4.^a carta): «Ce n'est pas icy un point de foy, ny mesme de raisonnement. C'est une chose de fait. Nous le voyons, nous le sçavons, nous le sentons». (N. del a.)

ccxxxix Compárese con Shapin y Schaffer, *Leviathan and the Air-pump* (1985):24, donde se considera que «Boyle y los experimentalistas» originan la preocupación por los hechos; Hobbes se considera simplemente como un adversario de los razonamientos a partir de hechos (22), no como alguien que había originado el lenguaje que Boyle emplea. Una extraña característica del libro es que toma como su fundamento teórico el concepto de juegos de lenguaje de Wittgenstein (15, 22), pero no considera nunca la posibilidad de que desarrollar un nuevo juego de lenguaje podría implicar cambiar el significado de las palabras. (N. del a.)

ccxli El marqués de Dorchester fue elegido miembro de la Royal Society en 1663, aunque no desempeñó ningún papel en sus actas; podría pensarse que fue recompensado por emplear a Salusbury como su bibliotecario. Wilding, «The Return of Thomas Salusbury's *Life of Galileo* (1664)» (2008):260. (N. del a.)

ccxlii A diferencia de los aristotélicos y los cartesianos, Hobbes no tenía objeciones metafísicas a un vacío, pero no podía aceptar que la luz pudiera atravesar un vacío, lo que significaba que el espacio torricelliano no podía ser un vacío: Malcolm, «Hobbes and Roberval» (2002):187-196, corrige a Shapin & Schaffer sobre esta cuestión. (N. del a.)

ccxliii Véase «Antes de 1572 los astrónomos medían las posiciones del sol...». (N. del a.)

ccxliv Eisenstein, *The Printing Press as an Agent of Change* (1979), vol. 1:88-107; Ong, *Orality and Literacy* (1982):121-123; William Wotton fue uno de los primeros en resaltar la importancia del índice (Wotton, *Reflections upon Ancient and Modern Learning*, 1694:171-172); Wolper, «The Rhetoric of Gunpowder» (1970):593, piensa que este es «el peor argumento» para la importancia de la imprenta. Me faltan las palabras. Parece que es el índice el que guía la introducción de la foliación y la paginación para suplementar las rúbricas usadas por los impresores (*pace* Blair, «Annotating and Indexing Natural Philosophy», 2000:76; véase Smith, «Printed Foliation», 1988); la traducción de 1521 de Vitruvio, por ejemplo, alardea en su portada que contiene un índice sofisticado de un nuevo tipo, pero el índice remite a números de folio que en realidad no están impresos en el libro y que los lectores se habrían visto obligados a añadir a mano. (N. del a.)

ccxliiv Antes de 1654, Pascal era ante todo un matemático. Desde el otoño de aquel año dedicó su vida a la religión e inició sus *Pensées*, que a su muerte en 1662 quedaron inconclusas. (N. del a.)

ccxlv 2,7 cm, en lugar de los 2,54 cm de la pulgada actual. (N. del t.)

ccxlvii Shea, *Designing Experiments* (2003):107-109. El mercurio se producía en grandes cantidades porque se empleaba para extraer oro y plata de sus menas, y estaba disponible en general, porque se usaba en medicina, en particular para tratar la sífilis. De modo que conseguir mercurio no era ningún problema; eran los tubos de vidrio lo que era difícil de obtener. (N. del a.)

ccxlviii En línea con estas fechas, la primera distinción clara entre «experiencia» y «experimento» según los cánones modernos parece ser Christian Wolff en 1732: Schmitt, «Experience and Experiment» (1969): 80. (N. del a.)

ccxlix Bacon, *Novum organum*, vol. 1:82: «Restat experientia mera, quae, si accurat, casus; si quaesita sit, experimentum nominatur» (Bacon, *Works*, 1857, vol. 1:189). Pero Bacon después complica las cosas al emplear el adjetivo *experimentalis* para cubrir todo el conocimiento basado en la experiencia; y no tiene otro verbo para «experimentar» que *experiri*. (N. del a.)

cccl Lo mismo ocurre en español. (N. del t.)

cccli Descartes empleó una vez la palabra *expériment* en una carta (Clarke, *Descartes' Philosophy of Science*, 1982:41, n. 2). (N. del a.)

ccclii La prueba del pastel está en probarlo. (N. del t.)

cccliii Medida del contenido en metanol de una bebida alcohólica, que se usó en el Reino Unido y en Estados Unidos. (N. del t.)

cccliiii Averiguación, sonda, catéter, sondear, etc. (N. del t.)

ccclv Pero también padecer, sentir. (N. del t.)

ccclvi Y española. (N. del t.)

ccclvii Mucho más tarde, Pascal haría uso de la obra de Galileo cuando estudió las presiones en líquidos con el fin de entender cómo el aire sostiene una columna de mercurio en un barómetro. Al igual que Galileo antes que él, Pascal comprendió que la presión que ejerce un fluido no está determinada por el peso total del fluido, sino por la cantidad de peso que se ejerce sobre una superficie determinada. Por ejemplo, tómese un tubo largo y delgado (de tres metros de longitud bastará) y clávese en la parte superior de un barril de madera que contenga un líquido, y después llénese el tubo con agua. Solo es necesaria una pequeña cantidad de agua para llenar el tubo, pero debido a que la longitud es grande, este ejerce una enorme presión: suficiente para reventar el barril. Este experimento es conocido como «el barril de Pascal», aunque no hay evidencia de que lo realizara él mismo; sí realizó el experimento destinado a ilustrar el principio implicado, pero que ya había sido descrito por Mersenne. (N. del a.)

ccclviii Véase «Se ha argumentado que tanto Brunelleschi...». (N. del a.)

ccclix Pero adviértase el juicio de Sabra: «Pero sigue siendo cierto, sin embargo, que los experimentos confirmatorios en la óptica de I. H. difieren en al menos un aspecto de los experimentos de descubrimiento de la óptica del siglo XVII: no revelan nuevas propiedades, como la difracción, la doble refracción o la dispersión de la luz; y... carecen de medición». (Ibn al-Haytham, *The Optics: Books 1-3, on Direct Vision*, 1989, Book 2:18-19). (N. del a.)

ccclx Oresme entendía que un peso colgado de una viga (lo que nosotros denominaríamos un péndulo) podría imitar la acción de una piedra que cayera de este tipo; pero no hay nada que sugiera que después experimentara con péndulos. (Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, 1959:570). (N. del a.)

ccclxi Pero Aristóteles había indicado que se podía hacer un arco iris artificial, que es la razón por la que los filósofos medievales se sintieron autorizados para realizar experimentos con el fin de entender el arco iris: *Meteorologica*, libro 3, parte 4:374a35-374b5; Newman, *Promethean*

Ambitions (2004):242. (Todo el capítulo, 238-289, es una discusión importante de la experimentación medieval). (N. del a.)

cclxi Como resultado, la palabra «experimento» es cinco veces más frecuente en inglés en la década de 1660 de lo que había sido en la de 1640, y ello a pesar del hecho de que su uso para significar «experiencia» estaba en rápido descenso: Pumfrey, Rayson y Mariani, «Experiments in 17th-century English» (2012):404. (N. del a.)

cclxii «En la forma de vida experimental, se consideraba que la práctica de producir verdadero conocimiento dependía totalmente del trabajo colectivo. Los experimentos reales tenían que realizarse, ser vistos y creídos por una comunidad de testigos». (Shapin, «Boyle and Mathematics», 1988:43). Gilbert ya tenía una pequeña comunidad local de expertos, pero el experimento de Torricelli produjo una red internacional de un tipo totalmente nuevo. (N. del a.)

cclxiii *Lynceus* es un adjetivo que significa «de vista penetrante»; Accademia dei Lincei se traduce a menudo como Academia de los linces, pero en este caso sería Accademia delle Linci. (N. del a.)

cclxiv Y sus equivalentes en otras lenguas, como el español. (N. del t.)

cclxv En la reseña de un libro, *Collegium experimentale*, de Johann Christophorus Sturm en las *Philosophical Transactions* (Anon., «An Accompt of Some Books», 1675:509): «El erudito autor de esta pieza... presta atención a que en esta época [es decir, siglo], que todavía no ha terminado, ha habido un progreso mucho mayor en la filosofía natural que en muchas épocas anteriores, y que por medio de este feliz método *experimental*, adoptado y ejercido por las sociedades reales de Inglaterra y Francia...». El libro de Sturm trata de *inventa et experimenta physico-mathematica*, descubrimientos y experimentos físico-matemáticos. (N. del a.)

cclxvi Tal como Pascal dijo en el experimento de Puy de Dôme miniaturizado, realizado en edificios altos: «Todos los curiosos pueden probarlo por sí mismos siempre que quieran» (Pascal, *Oeuvres completes*, 1964:687). De hecho, Gassendi lo repitió muy rápidamente: Koyré, *Études d'histoire de la pensée scientifique* (1973):330; y Boyle, por ejemplo, realizó una versión del experimento miniaturizado en el techo de la abadía de Westminster (Boyle, *A Defence*, 1662:51-42 = Boyle, *The Works*, 1999: vol. 3:52-43). Sobre la facilidad con la que puede repetirse el experimento torricelliano, Glanvill, *Plus ultra* (1668):60-61. (N. del a.)

cclxvii Comento más adelante (pp. 549-550) el relato de Simon Schaffer del *experimentum crucis* de Newton; de nuevo, la afirmación de que la replicación era un artefacto social resulta ser falsa. Sobre que la replicación requiere una transferencia de conocimiento tácito que asegure que es (casi) nunca realmente independiente: Collins, «The TEA Set» (1974); Collins, «Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire» (2001); y Pinch en Labinger y Collins (eds.), *The One Culture?* (2001):23. (N. del a.)

cclxviii En el original, *chymistry*, para distinguirla de la química (*chemistry*). (N. del t.)

cclxix La aproximación de Karl Popper a la filosofía de la ciencia empezó a ser ampliamente conocida en el mundo anglohablante con la publicación de *The Open Society and Its Enemies* (1945); el trabajo clásico de Popper de 1935 según el cual el progreso científico se basa en la falsación y no en la verificación acabó traducéndose del alemán como Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (1959). (N. del a.)

cclxx «¿De modo que dices que el acuerdo humano decide lo que es cierto y lo que es falso?» Es lo que los seres humanos *dicen* que es cierto o falso, y se ponen de acuerdo en el *lenguaje* que emplean. Esto no es un acuerdo en la opinión, sino en la forma de vida» (Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, 1953, para. 241 (el énfasis en el original). (N. del a.)

cclxxi *Nature and Nature's Laws lay hid in Night: / GOD said, Let Newton be! And all was Light.*

cclxxii Volveremos a la cuestión del mecanismo en el capítulo 12. (N. del a.)

cclxxiii ¿Acaso existen algunos cartesianos vivos? En 1980, en Montreal, me dieron un panfleto que rechazaba la explicación de la gravedad de Newton y defendía una explicación cartesiana modificada. De modo que quizá los haya. (N. del a.)

cclxxiv Considero que «leyes de la naturaleza» y «leyes científicas» son sinónimos, aunque soy consciente de que algunos filósofos quieren usarlas como etiquetas para distinguir dos tipos diferentes de ley. (N. del a.)

cclxxv Véase «Hacia mediados del siglo XVII hay una inundación...». (N. del a.)

cclxxvi Anteriormente, en el *Novum organum* (1620), Bacon había afirmado que el descubrimiento de la ley de la naturaleza era el objetivo principal de la filosofía natural (libro 2, aforismo 2: Bacon, *Works*, 1857, vol. 1:228), pero para él esto es un proyecto, no una realización. (N. del a.)

cclxxvii Famoso filósofo catalán de los siglos XIV-XV. (N. del t.)

cclxxviii Universal. (N. del t.)

cclxxix Este enredo se refleja en la discusión filosófica moderna de las leyes de la naturaleza. En general, hay dos escuelas: una sostiene que las leyes de la naturaleza son simplemente regularidades que identificamos en la naturaleza; la otra, que son características necesarias del mundo. Los regularistas son los herederos de los nominalistas; los necesitarios, de los epicúreos. El resultado es que no hay acuerdo sobre cómo dar respuesta a la pregunta «¿Qué es una ley de la naturaleza?». (N. del a.)

cclxxx En el siglo XVIII, «detección» es un sinónimo de «descubrimiento» (en latín, *detego* significa «destapar»), excepto que, entonces como ahora, uno detecta normalmente algo que se ha escondido deliberadamente, o a alguien que se oculta deliberadamente, de modo que «detección» deja menos margen para la casualidad que «descubrimiento». (N. del a.)

cclxxxi En un telescopio reflector la imagen es aumentada por un espejo curvo, mientras que en un telescopio refractor es aumentada al pasar a través de una lente. Puesto que un telescopio reflector no se basa en la refracción, no produce un halo de diferentes colores alrededor de la imagen. ¡Sin embargo, producir un espejo curvo está lejos de ser fácil! (N. del a.)

cclxxxii Véase, a continuación, la nota «† Este es el pasaje omitido...». (N. del a.)

cclxxxiii Es decir, los corpúsculos o átomos invisibles que, para un cartesiano, constituyen la luz. (N. del a.)

cclxxxiv Este es el pasaje omitido: «Un naturalista difícilmente esperaría ver que la ciencia de estos [colores] se volviera matemática, pero me atrevo a afirmar que hay tanta certeza en ella como en cualquier otra parte de la óptica. Porque lo que yo diré en relación a ellos no es una hipótesis sino la más rígida consecuencia, no conjeturada por apenas inferir esto así porque no es de otra manera o porque satisface todos los fenómenos (el tema universal de los filósofos), sino demostrada por medio de experimentos de conclusión directa y sin ninguna sospecha de duda. Continuar la narración histórica de estos experimentos resultaría en un discurso demasiado tedioso y confuso, y por lo tanto...». Es posible que tanto Hooke como Newton no se dieran cuenta de que se había omitido, pues posteriormente se refirieron a dicho pasaje en textos impresos. Newton, *The Correspondence of Isaac Newton* (1959), vol. 1, 96-97; véanse las notes del editor, 105 n. 19, 190 n. 18, 386 n. 22. (N. del a.)

cclxxxv «El tratamiento de las cosas naturales difiere mucho del de otras ciencias. En la explicación de las causas naturales, hemos de recurrir necesariamente a un tipo de principio diferente, llamado "hipótesis" o "suposición". Porque cuando se plantea una cuestión acerca de la causa eficiente de cualquier acontecimiento que es perceptible por los sentidos (lo que normalmente se denomina un "fenómeno"), la cuestión consiste principalmente en la designación o descripción de algún movimiento, del que se sigue necesariamente dicho fenómeno. Y puesto que no es imposible que movimientos disimilares puedan producir fenómenos similares, puede suceder que el efecto se demuestre correctamente a partir del supuesto movimiento, y aun así que la suposición no sea cierta» (Hobbes, «Tractatus opticus», citado en Malcolm, «Hobbes and Roberval», 2002:183-184; la traducción es de Malcolm). Compárese con la primera réplica de Pascal a Noel en 1647, Pascal, *Oeuvres*, 1923:98-101; pero Pascal se acerca al falsacionismo popperiano, porque insiste en que aunque puede no ser posible demostrar que una buena hipótesis es cierta, a menudo será posible demostrar que una mala hipótesis es falsa. (N. del a.)

cclxxxvi La fecha más antigua que da el *OED* para «hipótesis» en este sentido es 1646: sir T. Browne, *Pseudoxia epidemica* ii, ii.60: «Los hierros manifiestan una verticidad no solo al refrigerarlos... sino (lo que es maravilloso e hizo avanzar la hipótesis magnética) que evidencian lo mismo por simple posición según que... sus extremos [se] dispongan... dentro de la tierra». (*N. del a.*)

cclxxxvii Es una característica de una hipótesis excelente «que permita a un naturalista habilidoso predecir fenómenos futuros, por su congruencia o incongruencia con ella; y especialmente los acontecimientos de aquellos experimentos que son adecuadamente preparados para examinarla, pues las cosas debieran ser consecuentes o no con ella». Westfall, «Unpublished Boyle Papers» (1956):69-70. (*N. del a.*)

cclxxxviii Descartes hace a veces una distinción entre hipótesis, que siempre está preparado para repudiar, y suposiciones, que por lo general afirma que puede demostrar que son ciertas, en ambos casos *a posteriori*, y, en teoría, mediante deducción a partir de primeros principios: Descartes, *Philosophical Writings* (1984):250-251, 255-258 (hipótesis); 40-1, 150 (suposiciones), pero véase 152-153, donde el original francés dice *suppositions*, aunque la traducción latina autorizada dice *hypotheses* (debo este último punto, y muchas más cosas, a John Schuster). Cuando Newton se opone a la simulación de hipótesis, y Locke dice que no se deberían elevar las hipótesis a principios, es probable que ambos estuvieran pensando en Descartes, y en particular en las «suposiciones» de Descartes (que es, presumiblemente, lo que Locke quiere decir con «principios», y a lo que se opone Newton cuando se queja de que no se debe dar prioridad a las hipótesis sobre la evidencia experimental). (*N. del a.*)

cclxxxix En un borrador de la segunda edición escribió: «A partir de los fenómenos es muy cierto que la gravedad se da y actúa sobre todos los cuerpos según las leyes descritas anteriormente en proporción a las distancias, y es suficiente para todos los movimientos de planetas y cometas, y así es una ley de la naturaleza, aunque todavía no ha sido posible comprender la causa de esta ley a partir de los fenómenos. Porque evito [*fugio*] las hipótesis, ya sean metafísicas o físicas o mecánicas o de cualidades ocultas. Son dañinas y no engendran ciencia». (Newton, *Unpublished Scientific Papers*, 1962:353). (*N. del a.*)

ccxc «aliis ante me hanc concessam libertatem, ut quos libet fingerent circulos ad demonstrandum phaenomena astrorum»: Copérnico, *De revolutionibus orbium coelestium* (1543):iiii(r); «Of Superstition» (Bacon, *The Essayes*, 1625:97), donde «fingir» se usa como sinónimo de «hacer trampa»; el fragmento se tomó sin reconocerlo en Wilkins, *A Discourse* (1640):26. Bacon describió Utopía como «una comunidad fingida»; y escribe: «Permitidme que ahora presente un caso fingido (y la Antigüedad pone en duda si fue ficción o historia), de un país de las amazonas, donde todo el gobierno, público y privado, y la propia milicia, estaba en manos de mujeres». Horrocks y Newton, escribiendo en latín, emplean también una palabra casi idéntica, *confingo*: Horrocks cuando describe los epiciclos imaginarios de los astrónomos ptolemaicos (Hevelius y Horrocks, *Mercurius in Sole visus*, 1662:133), y Newton en la traducción latina de la *Opticks*, para traducir «sin fingir hipótesis» (Cohen, «The First English Version of Newton's *Hypotheses non fingo*», 1962:380-381). Así, «fingir, no conlleva una implicación necesaria de decepción: significa, simplemente, «imaginar», y Cohen yerra cuando sostiene que «fingir» tiene también el sentido de practicar disimulo, encubrir, pretender, falsificar, falsear». (Cohen, «The First English Version of Newton's *Hypotheses non fingo*», 1962:381). (*N. del a.*)

ccxci Esta línea de pensamiento se remonta a Ramus (m. 1572), cuya obra sobre lógica fue inmensamente influyente, en particular entre los protestantes. Ramus había exigido una astronomía sin hipótesis, es decir, una astronomía sin entidades imaginarias como los epiciclos (una opinión generalizada era que los orbes o esferas celestes eran entidades reales, físicas, pero que los epiciclos que los astrónomos situaban dentro de ellos eran ficticios). Kepler afirmaba haber producido una astronomía así, al escapar del principio de movimiento circular. (Granada, Mosley *et al.*, *Christoph Rothmann's Discourse*, 2014:55-63, 134-143). (*N. del a.*)

ccxcii En Pascal y Descartes encontramos solo la distinción convencional entre conocimiento práctico y teórico, pero nunca una teoría concreta. (*N. del a.*)

ccxciii Es cierto que Galileo tenía una sofisticada teoría matemática de por qué «la tierra sobrepasaba el agua», pero cuando Bacon dice que la teoría es falsa, considero que se refiere no al copernicanismo en general, ni a la deducción de Galileo a partir del copernicanismo, sino simplemente a la teoría de que cuando «la tierra sobrepasaba el agua» se producían las mareas. (*N. del a.*)

ccxciv Los primeros ejemplos de *theory* y *theorize* en el sentido relevante en el *OED* son de 1638. (*N. del a.*)

ccxcv «Y aunque en esta ocasión no pretendo presentaros ningún relato de nuevos descubrimientos, posiblemente tendré el gusto de ayudaros a *conocer* algo que anteriormente ya *suponíais*; y os presentaré, si no nuevas teorías, al menos nuevas *pruebas* de ello que hasta ahora no han sido incuestionables». Boyle, *New Experiments Physico-mechanical* (1660):2 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 1:157. (*N. del a.*)

ccxcvi El propio Newton la llama una doctrina, no una teoría, de la misma manera que Boyle tituló uno de sus libros *A Defence of the Doctrine Touching the Spring and Weight of the Air* (1662): «doctrina» es el lenguaje antiguo de las escuelas, al que «teoría» sustituye. (*N. del a.*)

ccxcvii La palabra *theoria* aparece cuatro veces en los *Principia* (1687) de Newton, tres veces en el sentido moderno. *Theory* aparece una y otra vez en la traducción de Andrew Motte de 1729. (*N. del a.*)

ccxcviii No es sorprendente que este concepto fuera adoptado de manera tan incondicional en la filosofía escéptica de Hume. (*N. del a.*)

ccxcix «Algún» no estaba en el texto impreso de la primera edición, pero a veces era insertado en tinta por los impresores y aparece en todas las ediciones posteriores. (*N. del a.*)

ccc Esto se expresa clásicamente en los párrafos iniciales de la tercera de las *Meditationes de prima philosophiae* (1641). Muy a menudo, este lenguaje visual implicaba (y se quería que implicara) que nada debiera tomarse como real a menos que pudiera ser dibujado (y grabado)... lo que significaba que solo la filosofía mecánica puede ser verdad. Así, Beeckman insistía en 1629: «En filosofía no acepto nada que no sea representado para la imaginación como si fuera observable». Berkel, *Isaac Beeckman* (2013):81, 173-185; Lüthy, «Where Logical Necessity Turns into Visual Persuasion» (2006). (*N. del a.*)

ccci Italiano. (*N. del t.*)

cccii El término «certeza moral» lo inventó Jean Gerson (1363-1429) para describir el grado de certeza requerido para tomar determinados tipos de decisiones sin que el agente se halle moralmente en falta si resultan ser erróneas (Schüssler, «Jean Gerson, Moral Certainty», 2009). Así, un juez que condena a muerte a un prisionero necesita estar moralmente seguro de que es realmente culpable («más allá de toda duda razonable», diríamos ahora); pero el juez más escrupuloso podría ser engañado ocasionalmente por testigos que mientan, sin hallarse moralmente en falta. Así, la certeza moral es muy diferente del tipo de certeza absoluta que se puede tener en matemáticas o en lógica. Puesto que lo que a menudo está en juego en las elecciones morales es la confianza de que se han entendido bien los hechos, el término se extendió a otros contextos en los que la gente emite juicios sobre cuestiones de hecho. Así, tengo la certeza moral de que César atravesó el Rubicón, y certeza moral de que Pascal informó detalladamente del experimento de Puy de Dôme. Para la historia posterior del concepto, véase Leeuwen, *The Problem of Certainty* (1963). (*N. del a.*)

ccciiii La diferencia entre pruebas completas y medias pruebas se remonta a los glosadores de la década de 1190: Franklin, *The Science of Conjecture* (2001):18-19. (*N. del a.*)

ccciv La tortura se hizo más rara en el siglo XVII, cuando se hizo común sentenciar a los criminales, en los casos en que la prueba era incompleta, a una pena de servicio en galeras; las sospechas bien fundamentadas podían así llevar a la condena, pero no a la ejecución. Ahora podía darse mayor peso a la evidencia circunstancial por sí misma. (*N. del a.*)

^{cccv} Quintiliano es un punto de referencia fundamental para Arnauld: «Quintiliano y todos los demás retóricos, Aristóteles y todos los filósofos...» (Arnauld y Nicole, *La Logique*, 1970:294). Quintiliano nos puede parecer una figura oscura; pero no para las personas cultas cuando la retórica era todavía una parte fundamental del programa educativo. (*N. del a.*)

^{cccv} Así, Newton a Hawes, 25 de mayo de 1694: «La experiencia es necesaria, pero aun así hay la misma diferencia entre un mecánico meramente práctico y uno racional, como entre un agrimensor o aforador simplemente práctico y un buen geómetra, o entre un empírico en física [es decir, medicina] y un médico culto y racional». Newton y Cotes, *Correspondence* (1850):284; véase también Bacon, *Novum organum*, vol. 1, xcvi (Bacon, *Works*, 1857, vol. 1:201). (*N. del a.*)

^{cccvii} Compárese con Robert Boyle: «Creo que este tipo de superestructuras [es decir, los sistemas intelectuales] se han de considerar solo como temporales, que aunque puedan ser preferidas antes que ninguna otra, por ser las menos imperfectas o, si se quiere, las mejores de su tipo que tenemos hasta ahora, aun así no han de ser reconocidas enteramente como absolutamente perfectas, o incapaces de alteraciones de mejora». Boyle, *Certain Physiological Essays* (1661):9 = Boyle, *The Works* (1999), vol. 2:14. (*N. del a.*)

^{cccviii} Algunas personas han intentado reescribir CUDOS haciendo que la O corresponda a originalidad, pero esto significa no entenderlo: CUDOS representa un conjunto de valores entrelazados, la originalidad o el descubrimiento un conjunto muy distinto y en conflicto con el anterior. (*N. del a.*)

^{cccix} La fecha más antigua que da el *OED* para «filosófico» en este sentido es 1638, pero Montaigne ya lo usaba de esta manera (por ejemplo, *Essais*, 1580, libro 2, cap. 7), y dicho uso es adoptado en la traducción de Florio de 1603. (*N. del a.*)

^{cccx} En 1756 D'Alembert celebraba lo que consideraba que era el triunfo de la nueva física experimental en Francia en el artículo «Expérimentale» de la *Encyclopédie*. (*N. del a.*)

^{cccxi} Extrañamente, Cassin, Rendall y Apter (eds.), *Dictionary of Untranslatables*, 2014 (que a su vez es una traducción del francés) no contiene ninguna discusión de la evidencia/prueba: y con esto muestran, al menos, que los franceses no son conscientes de que carecen del término «evidencia». La discusión de experiencia/experimento afirma que el vocabulario inglés promueve el empirismo, mientras que el vocabulario francés no se corresponde con ello; esto también parece ser verdad en este caso. (*N. del a.*)

^{cccxii} «Todos los objetos de la razón humana o de la investigación pueden dividirse naturalmente en dos tipos, a saber, *relaciones de ideas* y *hechos*. Del primer tipo son las proposiciones en geometría, álgebra y aritmética, y, en resumen, toda proposición que sea o bien intuitivamente o bien demostrativamente cierta. Aunque nunca hubo un verdadero círculo o triángulo en la naturaleza, las proposiciones, demostradas por *Euclides*, siempre conservarán toda su verdad y evidencia. Los hechos, que son los segundos objetos de la razón humana, no nos son confirmados de la misma manera; como tampoco es la evidencia de su verdad, por grande que sea, de una naturaleza igual a la anterior. Lo contrario de cada hecho es todavía posible, porque nunca puede implicar una contradicción, y es concebida por la mente con igual distinción y facilidad, como si siempre se ajustaran a la verdad y a la realidad». (Hume, *Philosophical Essays*, 1748:47-48). (*N. del a.*)

^{cccxiii} Según Tertuliano, cuando Dionisio fue testigo del milagroso eclipse de sol que coincidió con la crucifixión, exclamó: «Aut deus naturae patitur, aut dissolvitur machina mundi» («Dios sufre, o el mundo se rompe en pedazos»), y la frase aparece después en el breviario latino; san Agustín: *moles et machina mundi* («la enorme masa del mundo»). (*N. del a.*)

^{cccxiv} Esta explicación es ociosa en castellano, donde *engine* se traduce mejor por «motor» y *machine* por «máquina». (*N. del t.*)

^{cccxv} El argumento no era nuevo: ya se había formulado en el debate entre los averroístas y sus oponentes acerca de la realidad de los epiciclos. Véase el apartado §4 del capítulo 11 Evidencia y juicio. (*N. del a.*)

- cccxvi La quinta prueba de santo Tomás de Aquino de la existencia de Dios es que podemos ver que las partes del universo actúan como si estuvieran guiadas por una inteligencia, y por eso deben estar guiadas por una inteligencia: santo Tomás de Aquino está demostrando la existencia no de un Dios relojero, sino de un Dios que habita en el universo y lo dirige «como la flecha es dirigida por el arquero». (N. del a.)
- cccxvii El primer uso registrado es en las *Institutiones* de Casiodoro, hacia la década de 530: «antiquorum diligentissimus imitator, modernorum nobilissimus institutor». (N. del a.)
- cccxviii Una de las principales guías de viajes de la época. (N. del t.)
- cccxiix Según el n-grama de Google, la palabra «moderno» se vuelve por primera vez más común que «antiguo» en 1894. (N. del a.)
- cccxx All's Well that Ends Well. (N. del t.)
- cccxxi Véase el apartado §4 del capítulo 2 La idea de la Revolución Científica. (N. del a.)
- cccxxii Estas tres frases aparecen en los EEBO (véase p. 42) tres veces antes de 1600 (la primera en 1593); 49 veces entre 1600 y 1624; 88 veces entre 1625 y 1649; 179 veces entre 1650 y 1674; y 162 veces entre 1675 y 1699. La década con un máximo es la de 1650. (N. del a.)
- cccxxiii Véase también, para obras con «moderno» en el título, Bartholin, *Walaeus et al., Bartholinus Anatomy: Made from the Precepts of His Father, and From the Observations of All Modern Anatomists* (1662); Dary, *The General Doctrine of Equation Reduced into Brief Precepts: In III Chapters. Derived from the Works of the Best Modern Analysts* (1664); Salusbury (ed.), *Mathematical Collections and Translations in Two Parts from the Original Copies of Galileus and Other Famous Modern Authors* (1667); Croll, *Hartmann et al., Basilica Chymica & Praxis Chymiatricae; or, Royal and Practical Chymistry in Three Treatises. Wherein All Those Excellent Medicines and Chymical Preparations are Fully Discovered, from whence All Our Modern Chymists Have Drawn Their Choicest Remedies* (1670); Barbette, *The Chirurgical and Anatomical Works... Composed according to the Doctrine of the Circulation of the Blood and Other New Inventions of the Moderns* (1672).
- cccxxiv Temple también ha sido recordado por las cartas que le escribía su futura esposa, Dorothy Osborne, durante su prolongado cortejo; hubo numerosas ediciones entre 1888 y 2002, y todavía se cuenta el relato de su relación: Dunn, *Read My Heart* (2008). (N. del a.)
- cccxxv Véase anteriormente «La afirmación que la sangre de cabra...»; «Así, la imprenta reforzó la mano...»; y «Un cambio radical de la posición de Hobbes...». (N. del a.)
- cccxxvi Ni la culpa ni el mérito corresponden propiamente a Wotton, pues hizo que Halley le escribiera el capítulo sobre astronomía; sin embargo, es de un interés considerable que Halley, un gran astrónomo, no considerara que valiera la pena mencionar a Copérnico. (N. del a.)
- cccxxvii Un distrito de Londres. (N. del t.)
- cccxxviii Medicina. (N. del t.)
- cccxxix Véanse «Así, antes incluso que el microscopio...»; «Sin embargo, este recurso a la experiencia...»; «Después de haber refutado la supuesta...»; «La afirmación que la sangre...»; «Así es como Walter Charleton...» y «Actualmente, dice Wotton, en su resumen final...». (N. del a.)
- cccxxx Giovanni Ambrosio Sarotti (o Sarrotti) fue elegido miembro de la Royal Society el 1 de diciembre de 1679: Hunter, *The Royal Society and Its Fellows* (1982), n.º 356. (N. del a.)
- cccxxxi En algunas versiones españolas de *Los viajes de Gulliver*, el traductor (quizá presionado por la censura) cambió el nombre original de la isla imaginaria de Swift por Lupata. (N. del t.)
- cccxxxii El primer libro de registro censal de Inglaterra (1086). (N. del t.)
- cccxxxiii La mayoría de los primeros relojes grandes están accionados por un peso que desciende lentamente: los relojes de pie tenían que ser altos con el fin de dar al peso espacio en el que descender. El descenso del peso se regula mediante un mecanismo de escape y, antes del péndulo, era la poca precisión de esta regulación lo que era el origen de los errores. (N. del a.)
- cccxxxiv Patrick piensa en un reloj pequeño accionado por un resorte, no por un peso, pero el plural sugiere que tiene particularmente en mente un reloj con, a la vez, un resorte espiral y un

peso de muelle: el peso de muelle adapta el principio del péndulo a un espacio menor y al movimiento en la muñeca, y lo inventó Hooke en 1658. (N. del a.)

cccxxxv En 1627 Isaac Beeckman y sus socios planearon un programa de investigación que utilizaba modelos para determinar los méritos relativos de molinos de viento verticales y horizontales. Pero no hay evidencia de que llevaran realmente a término sus planes: Berkel, *Isaac Beeckman* (2013):38-39. (N. del a.)

cccxxxvi *Steamship*, buque de vapor. (N. del t.)

cccxxxvii Unos 470 000 euros. (N. del t.)

cccxxxviii La cátedra lucasiana se había establecido en 1663, pero el valor de la moneda había cambiado poco en el período intermedio. Los salarios modernos, desde luego, están complementados por las contribuciones a la pensión del empleador y otras cargas, de modo que no pueden compararse directamente con los salarios del siglo XVII. (N. del a.)

cccxxxix Imposible si la rueda hidráulica accionada por el motor ha de funcionar también como la rueda de paletas que impulsa al barco a través del agua. En principio, se podrían separar las dos funciones y conectar la rueda hidráulica y la rueda de paletas mediante una correa de transmisión, y se podría reciclar el agua procedente de la rueda hidráulica introduciéndola de nuevo en el motor, pero si la rueda hidráulica se hallaba sobre la cubierta captaría el viento y actuaría como una vela, con el resultado de que sería imposible dirigir el barco y probablemente volcaría... a menos, de nuevo, que se tratara de un barco muy grande con un calado muy profundo. (N. del a.)

cccxi Hall escribe: «La bomba de aire de Boyle (1658) fue el antecedente de todas las máquinas posteriores que dependían de un pistón que encajaba de manera exacta en un cilindro verdadero...» (Hall, «Engineering and the Scientific Revolution», 1961:337). (N. del a.)

cccxli Aunque el mismo motor de vapor provocó también nueva ciencia, pues su funcionamiento, en particular en la forma avanzada del motor de Boulton y Watt, no se explicó completamente hasta que Sadi Carnot fundó la ciencia de la termodinámica con sus *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (1824). (N. del a.)

cccxlii Tal como lo planteaba Glanvill: «Quien ofrece discrepancia ha de ser proscrito en su reputación; y el temor del culpable Caín le ha de ser aplicado: quien lo encuentre ha de matarlo». (Glanvill, *The Vanity of Dogmatizing*, 1661:130). (N. del a.)

cccxlili Con el fin de entender la idea de que alguien puede hacer progresos sin que sean progresos hacia la verdad, piénsese en alguien que escala una montaña en medio de la niebla. Puede decir que está ascendiendo. Pero ¿se está acercando a la cumbre, o simplemente se halla en una ladera que conduce a una cima más baja, desde la que al final tendrá que descender y reseguir sus pasos? Solo puede dar respuesta a dicha pregunta si la niebla escampa. En el caso del conocimiento científico, la niebla nunca escampa: la cumbre es invisible y la verdad siempre queda fuera del alcance de la vista. Pero puede haber progreso sin verdad. (N. del a.)

cccxliv Para ser exactos, Quine reconocía que la tesis es «insostenible si se considera de manera no trivial»: Quine, «A Comment on Grünbaum's Claim» (1976). Para un ejemplo de sentido trivial, supongamos que los defensores de la astronomía ptolemaica hubieran respondido a la amenaza planteada por el copernicanismo simplemente rebautizando el sol como «la tierra» y la tierra como «el sol». Entonces hubieran podido seguir afirmando que la tierra se encuentra inmóvil en el centro del universo. En principio, cualquier teoría podría salvarse redefiniendo los términos de esta manera; pero la empresa no tendría sentido. (N. del a.)

cccxlv Esto se sigue, creen algunos de la *Structure of Scientific Revolutions* (1962), de Thomas Kuhn, quien a su vez cita a Quine en el prefacio. El argumento se plantea de manera mucho más sólida en un libro que Kuhn había leído, *Genesis and Development of a Scientific Fact* (1979), de Ludwik Fleck, publicado primero en alemán en 1935. En consecuencia, y en particular desde que Kuhn impartió su conferencia de 1991 contra la sociología de la ciencia, buena parte de la historia contemporánea de la ciencia toma a Fleck y no a Kuhn como modelo: por ejemplo, la afirmación de Labinger y Collins de que Fleck, y no Kuhn, «es el verdadero

precursor de la sociología del conocimiento científico» (Labinger y Collins, eds., *The One Culture?*, 2001:3n). (*N. del a.*)

cccxlvi Una frase que se suele usar en este contexto es «conocimiento local»; Foucault la emplea, pero está asociada en particular a Geertz *Local Knowledge* (1983). Para una crítica, Jacob, «Science Studies After Social Construction» (1999). (*N. del a.*)

cccxlvii Véase el resumen en *Structure* (1970):69, de Kuhn. La afirmación de que Copérnico estuvo influido por el neoplatonismo ha sido impugnada: Rosen, «Was Copernicus a Neoplatonist?» (1983). Bruno lo era, ciertamente. (*N. del a.*)

cccxlviiii Esto puede parecer asombroso, pero está documentado en Laudan, «Demystifying Underdetermination» (1990). Es importante destacar que lo que Laudan denomina igualitarismo cognitivo continúa siendo ampliamente aceptado entre los historiadores de la ciencia por la simple razón de que creen que si cuestionan esta afirmación ya no estarán pensando históricamente (véase Shapin, «History of Science and Its Sociological Reconstructions», 1982:196-197). De hecho, la aceptación del igualitarismo cognitivo significa que *no pueden* pensar históricamente, porque un igualitario cognitivo no puede explicar por qué, para tomar solo un ejemplo, ya no creemos que las golondrinas pasan el invierno en estanques. (*N. del a.*)

cccxlviix El término «relativismo» está sujeto a debate, pero lo uso, en lugar de «constructivismo», porque quiero referirme a los que sostienen que la realidad no limita las creencias que podemos tener acerca del mundo real. Considero que todos los que piensan que la ciencia es pura y simplemente una construcción *social* son relativistas; hay otros (entre los que me incluyo) que piensan que la ciencia está limitada a la vez por la naturaleza y la sociedad, y se les puede llamar razonablemente constructivistas en sentido amplio, pero no son relativistas. Para una discusión más completa del relativismo véanse el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas. En resumen, entiendo que los miembros de las escuelas de Edimburgo y de Bath son relativistas (con la excepción de Andrew Pickering), y también lo son los partidarios de la Teoría del Actor Red. Ian Hacking, Larry Laudan y Andrew Pickering representan ejemplos significativos de personas que intentan evitar las dificultades tanto del realismo como del relativismo; comparto esta iniciativa. (*N. del a.*)

ccccli Debería ser evidente que si digo que mi vuelo de Londres a Nueva York durará siete horas y treinta minutos no he estimado la velocidad de mi avión; para hacerlo, necesito incorporar la información de que la distancia de Londres a Nueva York es aproximadamente de 5600 kilómetros. Rømer medía el tiempo transcurrido, no la velocidad. (*N. del a.*)

ccccli Esta tendencia a un error compartido se ha denominado «efecto de subirse al carro»; Mirowski, «A Visible Hand» (1994:574. Pinch parece pensar que esta es la única causa de acuerdo en las mediciones (Labinger y Collins, eds., *The One Culture?*, 2001:223), pero esto no puede ser verdad, o una vez establecido el acuerdo nunca se desharía. (*N. del a.*)

ccccli En circunstancias particulares puede haber una inversión económica o institucional en una solución mala que le permite persistir. El teclado QWERTY del inglés es un ejemplo (David, «Clio and the Economics of QWERTY», 1985); el geocentrismo para la iglesia Católica después de 1616, también es un ejemplo. (*N. del a.*)

ccccliii La cuestión surgió, de manera totalmente predecible, poco después de la invención del reloj de péndulo (1656), que hizo posible nuevos niveles de precisión, al exponer anomalías previamente invisibles (Cohen, «Roemer and the First Determination of the Velocity of Light (1676)», 1940:338). Incluso así, el reloj de Rømer se desviaba del orden de unos 30 segundos (Shea, «Ole Rømer, the Speed of Light», 1998). ¿Cómo lo sabemos? Porque podemos comparar sus observaciones con nuestra retrodicción de la localización de las lunas de Júpiter cuando las observaba. (*N. del a.*)

ccccliv Dicha revolución tuvo lugar prácticamente sin oposición. Si Clavio todavía insistía en ella cincuenta y cinco años después, ello no se debía a que fuera polémica; era simplemente que Clavio proporcionaba un comentario para la *Sphere* de Sacrobosco, que todavía era el manual en todas las universidades. Clavio discutía realmente con los muertos, no con los vivos. ¿Por

qué razón, pues, el de Sacrobosco continuó siendo el texto convencional después de los descubrimientos de Vesputio? Porque el plan de estudios de las universidades estaba orientado hacia los textos clásicos (Sacrobosco era para la astronomía el equivalente a Euclides para la geometría); y porque mientras la cosmología ptolemaica fue viable los problemas con el texto de Sacrobosco fueron manejables, y muy claramente manejados en los textos que siguieron el ejemplo establecido por la edición de Wittenberg de 1538. Aun así, dichos problemas se acumularon a lo largo del tiempo; la *Cosmographia* de Barozzi (1585) contiene una lista de cuarenta y ocho errores en Sacrobosco; Barozzi aspiraba a sustituir a Sacrobosco, pero sus esperanzas eran inapropiadas. Sacrobosco conservó su posición hasta que, después de 1611, el geocentrismo ptolemaico ya no era intelectualmente respetable. Y después de 1611 ningún manual de astronomía tendría jamás el estatus que había tenido el de Sacrobosco. (N. del a.)

ccciv Por analogía con «brillo de luna». (N. del t.)

cccvi Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (1959):22 (las cursivas son del original). Popper podría haber dudado si hubiera recordado que Copérnico describió explícitamente su nueva teoría como si estuviera (casi) en desacuerdo con el sentido común (Copérnico, *On the Revolutions*, 1978:4). Además, Popper sostenía también que la característica peculiar del conocimiento científico es que crece (18), mientras que el sentido común debiera ser el mismo en diferentes épocas y en diferentes lugares. Para un ejemplo del punto de vista del sentido común véase Christie, «Nobody Invented the Scientific Method» (2012). Sin embargo, lo que consideramos que es sentido común es un logro cultural y tiene precondiciones, como la alfabetización: Luria, *Cognitive Development, Its Cultural and Social Foundations* (1976) es la demostración clásica (y reveladora) de que el pensamiento abstracto (como el razonamiento silogístico) no surge de manera natural. (N. del a.)

cccvii Véase «¿Qué significaba esto, en la práctica?...» (N. del a.)

cccviii El *Discours de la Méthode* (1637) de Descartes empieza así: «El buen entendimiento [*le bon sens*, que a menudo se ha traducido como *sentido común*] es la cosa más igualmente dividida en el mundo; porque cada uno se cree que tiene una cantidad tan grande que incluso aquellos que en todas las demás cosas son muy difíciles de complacer, raramente desean más del que ya tienen». (Descartes, *Discours*, 1649:3). (N. del a.)

cccix Su insistencia en ser más preciso que Arquímedes se remonta a su juventud, cuando inventó un instrumento, la *balincetta*, que efectuaría mediciones más exactas de las gravedades específicas que cualquiera de los instrumentos anteriores. (N. del a.)

cccix Con una excepción: Ricardo de Wallingford (1291-1336) diseñó un reloj maravillosamente complejo y refinado. Pero los relojes eran instrumentos filosóficos: modelaban los movimientos del sol y de los demás planetas; y los elaborados instrumentos de medición que Ricardo hizo con sus propias manos tenían que ser usados para promover las artes liberales, no las artes mecánicas (North, *God's Clockmaker*, 2005). Ricardo era hijo de un herrero, pero no estaba interesado en diseñar máquinas de carga, como molinos de agua o de viento. (N. del a.)

cccxi Ha habido afirmaciones, que se remontan al menos a Randall, «The School of Padua» (1940), de que los filósofos aristotélicos comprendieron cómo hacerlo; pero no hay ejemplos convincentes de que lo hicieran realmente antes de que los adversarios de Aristóteles, como Galileo, les mostraran cómo. En la primera mitad del siglo XVII había una animada tradición científica entre los jesuitas, que implicaba adaptar el aristotelismo para que se enfrentara a los retos de la nueva ciencia, pero esto fue sofocado lentamente por la obligación que los miembros de la orden tenían para amoldarse a las enseñanzas tradicionales de la Iglesia: Feingold, *Jesuit Science* (2002). (N. del a.)

cccxi Aquí estoy argumentando a partir de las fechas de publicación: Galileo ya había desarrollado una teoría elaborada de los cuerpos que caen, respaldada por experimentos exquisitos; pero no la había publicado, y no lo haría hasta 1638. El tratado sobre los cuerpos flotantes es la primera ciencia experimental publicada que aborda frontalmente los principios fundamentales de la física aristotélica: la obra de Gilbert sobre el magnetismo fue una

demostración brillante del método experimental, pero no se enfrentaba directamente a los argumentos de los filósofos. (*N. del a.*)

ccclxiii En un ensayo notable, Stanley Fish, un famoso crítico literario (suponiendo que esto no sea, como «inteligencia militar», un oxímoron), aducía que la ciencia y el béisbol son básicamente iguales, pues ambos son construcciones sociales y ambos son «reales». (Fish, «Professor Sokal's Bad Joke», 1996). Fish reconoce que las reglas del béisbol pueden cambiarse por un voto; después sigue argumentando que los hechos de la naturaleza también cambian, y que las agencias de financiación deciden cuáles son. Se equivoca. El hielo nunca fue más pesado que el agua. «Incluso si dos actividades son igualmente construcciones sociales — escribe—, si se quiere tomar la medida de cualquiera de ellas, es la diferencia lo que hay que tener presente». Exactamente: la ciencia no es como el béisbol. Mi propio argumento concuerda en determinados puntos con el de Fish, pero son las diferencias lo que el lector tiene que tener en cuenta. (*N. del a.*)

ccclxiv Negar la validez de la distinción naturaleza/artificio fue un paso clave que hizo posible la Revolución Científica; véase el apartado §5 del capítulo 6 Los mundos de Gulliver. (*N. del a.*)

ccclxv «Notas sobre el relativismo y los relativistas», n.º 7 (p. 619). Compárese para una confusión similar, la idea de que los hechos son producidos (p. 276n); contrastada con mi argumento de que el concepto de un hecho es una invención, pero que los hechos particulares no se inventan, sino que se establecen. Así, también la misma ciencia es una invención, pero Newton no inventó la gravedad, sino que descubrió su ley. (*N. del a.*)

ccclxvi Contrástese, por ejemplo, Boghossian, *Fear of Knowledge* (2006), en el que la idea de un hecho objetivo se trata como si fuera transparente y sin problemas; la noción de que esto es una idea que tiene que ser construida y que ha evolucionado a lo largo del tiempo, parece que le ha pasado por alto a Boghossian. (*N. del a.*)

ccclxvii Véase el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas, n.º 8. (*N. del a.*)

ccclxviii Véase el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas, n.º 8. (*N. del a.*)

ccclxix Servicio Nacional de Salud. (*N. del t.*)

ccclxx Pero véase el ensayo clásico de Hexter, «The Historian and His Day» (1954), publicado de nuevo en sus *Reappraisals in History* (1961). Es quizá a Hexter a quien debemos la popularidad de la frase, ahora ubicua, de que la tarea del historiador es «comprender el pasado en sus propios términos», una opinión que Hexter, de manera sensata, considera que es solo una parte de lo que el historiador hace (221, 231). (*N. del a.*)

ccclxxi Walter Benjamin escribió en 1940: «A los historiadores que desean revivir una época, Fustel de Coulanges [1830-1889] les recomienda que borren todo lo que saben acerca del curso posterior de la historia. No hay mejor manera de caracterizar el método con el que el materialismo histórico ha roto». (Benjamin y Arendt, *Illuminations*, 1986:247-248). Yo añadiría que no es necesario ser un materialista histórico para ver que los historiadores necesitan pensar acerca del cambio, del desarrollo, de los orígenes. (*N. del a.*)

ccclxxii La afirmación de que hay que rechazar por teleológica cualquier búsqueda de los orígenes procede de «Nietzsche, *l'histoire, la généalogie*» (1971), de Foucault, en Foucault, *Dits et écrits* (2001), vol. 1:1004-1024. (*N. del a.*)

ccclxxiii Véase el apartado Notas sobre el relativismo y los relativistas, n.º 10. (*N. del a.*)

ccclxxiv Véase, por ejemplo, Christopher Clark, *The Sleepwalkers: How Europe Went to War in 1914* (Londres: Allen Lane, 2012) y Chris Wickham, *Sleepwalking into a New World: The Emergence of Italian City Communes in the Twelfth Century* (Princeton: Princeton University Press, 2015). (*N. del a.*)

ccclxxv El uso más temprano del término inglés (*propeller*), en el sentido de un dispositivo para propulsar un barco (en realidad una rueda de palas), que da el *OED* es 1809, y la primera hélice práctica en un barco data aparentemente de 1829. (*N. del a.*)

ccclxxvi *New Deal*. (*N. del t.*)

ccclxxvii En el original, *cumulative* y *accumulative*, respectivamente. (*N. del t.*)

ccclxxviii El proceso por el que el triunfo de un nuevo paradigma en ciencia implica la pérdida de algunas teorías perfectamente satisfactorias que han de ser abandonadas porque son inseparables del paradigma antiguo se ha denominado «pérdida de Kuhn» (el término tiene su origen en Post, «Correspondence, Invariance and Heuristics», 1971). Graney, *Setting Aside All Authority* (2015), por ejemplo, estudia las afirmaciones de los que mantenían que las pérdidas que siguieron al copernicanismo fueron más importantes que las ganancias, y demuestra que sus argumentos estaban lejos de ser insignificantes. No obstante, yo argumentaría que en ciencia un paso atrás siempre resulta en dos pasos adelante y que no hay casos claros en los que la pérdida supere a la ganancia. (N. del a.)

ccclxxix O de asuntos subordinados a la filosofía. Véase «De repente, parecía que existía un problema...». (N. del a.)

ccclxxx Sobre *Emergence*, véase Daston, «The History of Emergences» (2007). En este libro no he destacado la importancia del pensamiento probabilístico porque su impacto principal aparece más tarde: Gigerenzer, Swijtink *et al.*, *The Empire of Chance* (1989). Hacking consideró que su obra era un desarrollo de los estudios de Michel Foucault en la arqueología del conocimiento, pero considero que *Emergence* es una obra mucho menos foucaultiana de lo que Hacking creía; Hacking también reconoció una deuda considerable para con Alistair Crombie. *Emergence* encaja, al menos para mis propósitos, en la tradición de estudios históricos de herramientas intelectuales que para los historiadores empieza con Febvre, *Le Problème de l'incroyance* (1942). La preocupación de Febvre con las herramientas intelectuales era aparente en la enciclopedia histórica que planeaba: Rey, Febvre *et al.* (eds.), *L'Outillage mental* (1937); su origen está en la antropología de Lucien Lévy-Bruhl, por ejemplo Lévy-Bruhl, *How Natives Think* (1925). (N. del a.)

ccclxxxi Hay libros modernos (por ejemplo, Heilbron, *Galileo*, 2010) que suelen presentar los descubrimientos de Galileo como fórmulas algebraicas; tales presentaciones son profundamente anacrónicas. (N. del a.)

ccclxxxii Asumo una distinción entre nuevas maneras de pensar y nuevas herramientas para pensar; las nuevas ciencias de Galileo eran ciertamente nuevas, pero las herramientas intelectuales que usó para construirlas eran conocidas de cualquier matemático; el cálculo era una nueva herramienta para pensar, y sin ella Newton no hubiera podido formular su explicación de la atracción gravitatoria. (N. del a.)

ccclxxxiii Las pruebas modernas de la eficacia de las terapias dependen de la idea de que una terapia efectiva ha de funcionar mejor que un placebo. Resulta que Denis Papin, que había obtenido el título de médico, fue el primero en describir el placebo y el efecto placebo, en una carta a Leibniz del 11 o 12 de agosto de 1704. Tal como hemos visto (p. 313), la necesidad de medir el éxito en relación a los resultados en un grupo de control ya la había intuido Walter Charleton. (N. del a.)

ccclxxxiv Merton, «Science, Technology and Society» (1938); Hooykaas, *Religion and the Rise of Modern Science* (1972); Lindberg y Numbers (eds.), *God and Nature* (1986); Webster (ed.), *The Intellectual Revolution of the Seventeenth Century* (1974); Funkenstein, *Theology and the Scientific Imagination* (1986); más recientemente, Harrison, *The Bible, Protestantism and the Rise of Natural Science* (1998), y Harrison, *The Fall of Man and the Foundations of Science* (2007). Dudar de que el cristianismo o el protestantismo fueran una precondition para la Revolución Científica deja mucho margen para estudiar la interacción entre fe y ciencia: por ejemplo, Picciotto, *Labors of Innocence* (2010). (N. del a.)

ccclxxxv La tesis de Merton, de que el puritanismo promovió la ciencia, tuvo muy poca influencia entre los historiadores hasta que la adoptó Hill, *Intellectual Origins* (1965); los defectos de dicho libro fueron aparentes de inmediato: por ejemplo, Rabb, «Religion and the Rise of Modern Science» (1965). (N. del a.)

ccclxxxvi Sobre la teología de Newton, véase, por ejemplo, Snobelen, «Isaac Newton, Heretic» (1999); Snobelen, «"God of Gods, and Lord of Lords"» (2001). (N. del a.)

^{ccclxxxvii} Humpty Dumpty es un personaje de las canciones de cuna inglesas, que cuentan que cayó de lo alto de una pared en la que estaba sentado y al que no fue posible recomponer a pesar de ímprobos esfuerzos. (*N. del t.*)

^{ccclxxxviii} La traducción no ha respetado los términos y las construcciones en inglés arcaico, por razones evidentes. (*N. del t.*)

^{ccclxxxix} «Notas sobre el relativismo y los relativistas», n.º 11 (pp. 622-624). (*N. del a.*)