

2006



Eso no está en mi libro de CIENCIAS



KATE KELLY

Hechos asombrosos y curiosidades de la ciencia que han revolucionado nuestras vidas; hitos increíbles que han cambiado para siempre nuestra visión del Universo.

Reseña

Este libro explica en un lenguaje divulgativo y cercano muchas de las maravillas tecnológicas realmente extrañas que nos rodean y cuya existencia y funcionamiento, sin embargo, damos por sentado. También se explican leyes de la naturaleza que sirven como base para nuestra vida en la tierra. Pero junto a estas descripciones claras, concisas y divertidas de los descubrimientos importantes que forman la base de nuestro conocimiento científico —mecánica Newtoniana, la teoría de Einstein sobre la relatividad, la teoría de la evolución...—, uno de los grandes aciertos de este libro es el de relatar las historias científicas de esos mismos hallazgos con todos los ingredientes que han quedado ocultos entre las grandes páginas de la ciencia. ¿Por qué importa el descubrimiento de la tabla periódica de elementos? ¿Y cómo se llegó al desarrollo de drogas milagro tales como la aspirina y la penicilina? ¿Qué hubo detrás de la invención de la televisión? ¿Quién estuvo detrás de las predicciones de terremotos o de la génesis del Internet? Y así, con numerosos fenómenos científicos no tan conocidos pero quizás de igual o mayor aplicación en nuestra vida diaria. Un libro fundamental para los que quieren acercarse a la Ciencia y para aquellos que ya la aman.

Índice

Parte I. Los secretos de la tierra revelados

1. [¿Qué edad tiene la Tierra?](#)
2. [Los caminos de la tierra son inescrutables](#)
3. [Los dinosaurios](#)
4. [El elefante](#)
5. [Mosquitos](#)

Parte II. Descubrimientos científicos que han cambiado nuestras vidas

6. [Cómo llegamos a saber por qué enfermamos](#)
7. [Darwin](#)
8. [El secreto de la vida](#)
9. [La gripe aviar](#)

Parte III. Asombrosos descubrimientos que cambiaron nuestra visión del universo

10. [La revolución copernicana](#)
11. [Cómo cambió Isaac Newton nuestra visión del universo](#)
12. [Teoría atómica](#)
13. [Einstein \(suficientemente\) aclarado](#)
14. [Un billete a Plutón y más allá](#)

Parte IV. Proteger nuestro planeta

15. [Héroes poco conocidos](#)
16. [Cada vez hace más calor](#)
17. [El mercurio](#)

Parte V. Un vistazo al futuro

18. Nanotecnología

Este libro está dedicado a la escritora Marian Edelman Borden. Cuando la llamé para informarle sobre este proyecto, me dio la enhorabuena y me dijo: «Vaya. El escritor que se encargó de Eso no está en mi libro de historia americana solo tuvo que ocuparse de trescientos años. Tú tienes que cubrir toda la eternidad».

Desde entonces me apoyó en todas las etapas del camino. Gracias, Marian.

PARTE I

Los secretos de la tierra revelados

Capítulo 1

¿Qué edad tiene la tierra?

Contenido:

- §. La escala de tiempo geológico*
- §. La escala de tiempo geológico*
- §. Cómo se desarrolló la escala de tiempo relativo*
- §. La clasificación de las rocas supone otra clave*
- §. Nuevos descubrimientos*
- §. Comprender las rocas: el trabajo de un topógrafo británico*
- §. La geología consigue por fin el prestigio que se merece*
- §. Entonces llegó la datación por carbono*
- §. Entonces ¿cómo sabemos la edad de la Tierra?*

§. La escala de tiempo geológico

Uno de los hechos que se presenta de manera muy clara en los libros de ciencias y en artículos de revistas y periódicos es que la tierra tiene unos 4600 millones de años más o menos. Pero de lo que no hablan es de cómo saben que la tierra es tan antigua. Por entonces no había nadie, así que, ¿cómo consiguieron los «relojeros» contar todos los eones, eras, periodos y edades que hay entre medias?

Los griegos tenían sus teorías (como veréis en el libro, hubo poco que se les escapase). En el siglo V a. C., el historiador griego Heródoto hizo una de las primeras observaciones geológicas de las que tenemos constancia. Al encontrar conchas fosilizadas tierra adentro en lo que ahora es parte de Egipto y Libia, dedujo correctamente que el mar Mediterráneo se había extendido en una ocasión sobre gran parte de la tierra hacia el sur. Desafortunadamente, esta idea no interesó a muchos, de modo que ningún otro historiador o científico hasta el siglo XVII exploró por qué las conchas se encontraban tierra adentro, ni tampoco nadie llevó a cabo trabajos concluyentes sobre cómo y cuándo se formó el planeta.

§. La escala de tiempo geológico

Hoy en día los científicos entienden la edad de la tierra lo suficiente como para haber creado una escala de tiempo geológico, que es el método común usado para dividir la larga historia natural del planeta en periodos manejables. (Sin embargo, debido a que las

unidades temporales son muy extensas, los geólogos suelen hablar en términos de superior/anterior e inferior/posterior para ciertos periodos temporales).

Diversos periodos en la escala se establecen a menudo debido a grandes sucesos geológicos o paleontológicos tales como extinciones en masa. Los primeros en medir la edad de la tierra lo hicieron usando un tiempo relativo: solo podían asegurar que ciertas cosas eran más antiguas que otras. Más tarde, la tecnología permitió a los científicos evaluar de mejor modo el tiempo absoluto. Imaginad que el tiempo relativo son subdivisiones físicas de las rocas encontradas en la estratigrafía de la tierra, y el tiempo absoluto como la medida que determina el tiempo real que ha expirado. Las extinciones en masa marcarían las separaciones entre los periodos temporales. Mientras la tierra cambiaba, los organismos que pudieron sobrevivir también cambiaron.

La historia de la tierra se divide en un grupo jerárquico de divisiones. En orden descendente los periodos temporales son: eones, eras, periodos, épocas y edades. Los dos primeros eones son el eón Hadeico (4600-3800 millones de años), sin evidencias de vida, y el eón Arcaico (3800-2500 millones de años), con signos de bacterias y algas verdeazuladas. Entonces entramos en los eones «zoicos»; la terminación *zoico* deriva de la raíz *zoo* que significa «animal». El eón Proterozoico (2500-542 millones de años) señala el tiempo en el que comenzaron los protistas, las algas y criaturas de cuerpos blandos (como lombrices y otros animales sin esqueleto).

EON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	MILL. AÑOS
FANEROZOICO	CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	0,011784
			Pleistoceno	2,588
		Neógeno	Plioceno	5,332
			Mioceno	23,03
		Pelógeno	Oligoceno	33,9 ±0,1
			Eoceno	55,8 ±0,2
	Paleoceno		65,5 ±0,3	
	MESOZOICO	Cretácico		145,5 ±4,0
		Jurásico		199,6 ±0,6
		Triásico		251,0 ±0,4
	PALEOZOICO	Pérmico		299,0 ±0,8
		Carbonífero	Pensilvaniense	318,1 ±1,3
			Misisipiense	359,2 ±2,5
		Devónico		416,0 ±2,8
Silúrico			443,7 ±1,5	
Ordovícico			488,3 ±1,7	
Cámbrico			542,0 ±1,0	
PROTEROZOICO	NEOPROTEROZOICO	Ediacárico		635
		Criogénico		850
		Tónico		1.000
	MESOPROTEROZOICO	Esténico		1.200
		Ectásico		1.400
		Calímnico		1.600
	PALEOPROTEROZOICO	Estatérico		1.800
		Orosírico		2.050
		Riásico		2.300
		Sidérico		2.500
ARCAICO	NEOARCAICO			2.800
	MESOARCAICO			3.200
	PALEOARCAICO			3.600
	EOARCAICO			3.800
HADEICO	ÍMBRICO			3.850
	NECTÁRICO			3.920
	GRUPOS BASIN			4.150
	CRÍPTICO			4.570

El eón Fanerozoico (aproximadamente hace 545 millones de años) originalmente se identificó como el momento en el que la vida comenzó, pero más tarde los científicos comprendieron que fue cuando los animales evolucionaron para desarrollar conchas o

esqueletos internos que permitían la formación de fósiles más fácilmente identificables. El eón Fanerozoico incluye tres eras que son especialmente importantes para nosotros:

- El Paleozoico (545-251 millones de años) es el más antiguo y es cuando la vida comenzó a diversificarse con el desarrollo de peces, anfibios, plantas y animales de tierra, además de reptiles básicos.
- El Mesozoico (251-65 millones de años) marca la era de los dinosaurios cuando las mayores formas de vida vertebrada eran los grandes reptiles.
- El Cenozoico (desde hace 65 millones de años hasta el presente) comienza con la extinción de los dinosaurios y continúa hasta el presente, en el que los mamíferos dominan la tierra.

§. Como se desarrolló la escala de tiempo relativo

Como en la mayoría de los desarrollos científicos, la habilidad para fechar la tierra fue descubierta no por una sola persona, sino por una sucesión de personas que avanzaron a partir de lo que otros habían descubierto.

Sorprendentemente, los dientes de tiburón fueron una de las primeras pistas para conocer la historia de la tierra. En el siglo diecisiete, Nicolas Steno (1638-1686), un académico danés que estudiaba medicina, se mudó a Florencia, Italia, donde obtuvo una posición oficial con el Gran Duque de Toscana, Ferdinando II. Después de que dos pescadores pescaran un tiburón especialmente

grande en 1666, el Duque Ferdinando ordenó que enviaran la cabeza del tiburón a Steno para que la diseccionara. El estudio de Steno de los dientes del tiburón lo condujo a señalar la similitud con ciertos objetos de piedra, «lenguas de piedra», que había observado en algunas rocas. Señaló que las lenguas de piedra en las rocas, no es que parecieran dientes de tiburón, sino que lo eran. Pero ¿qué hacían incrustados en rocas alejadas del mar? Aunque no fue el primero en observar que estas «rocas» habían sido en un tiempo organismos vivos (lo que ahora conocemos como fósiles), esta conexión condujo a Steno a un examen más atento de la posibilidad y también comenzó a explorar cómo un objeto sólido como una lengua de piedra podía encontrarse dentro de otro objeto sólido como una capa de roca.

En 1669 Steno pudo describir dos principios biológicos básicos. El primero afirmaba que la roca sedimentaria se aposenta de manera horizontal (en estratos). El segundo era que la roca más joven se encuentra encima de la más antigua y aparece en ese orden a menos que las capas sean más tarde alteradas por la formación de una montaña o una cueva. Se trataba de una gran contribución a la ciencia y se llamó la ley de la superposición de Steno (ahora conocida como el principio de superposición).

Como podréis haber adivinado, el descubrimiento de Steno fue una medida de tiempo relativo, no de tiempo absoluto. Por principio, dos capas de roca pueden haberse formado con una diferencia de millones de años o de miles de años. Pero en los tiempos de Steno,

los científicos no tenían forma de concluir el tiempo exacto de cuándo habían ocurrido estos fenómenos.

§. La clasificación de las rocas supone otra clave

Durante este tiempo, un profesor de minería y mineralogía muy influyente, Abraham Gottlob Werner (1749 ó 50-1871), enseñaba en Alemania. Werner utilizó su educación en minas para desarrollar técnicas para la identificación de rocas y minerales. Determinó que las diferentes clases de rocas se formaron en periodos diferentes y defendió la clasificación de las rocas de la tierra en cinco grupos: primitivas (rocas antiguas sin fósiles que se creía eran anteriores al diluvio bíblico), transición (los primeros depósitos del océano), secundarias (rocas que contienen fósiles), aluviales o terciarias (sedimentos que se creía se depositaron tras el diluvio) y volcánicas (asociadas con las erupciones volcánicas).

Debido a que Werner era muy respetado, los estudiantes venían de toda Europa a estudiar con él. Sus ideas clasificatorias fueron muy conocidas, algo positivo ya que los científicos pudieron continuar con el proceso de clasificación, y sus esfuerzos establecieron las bases para las clasificaciones que aún se usan hoy en día.

Sin embargo, aunque la popularidad de Werner puso a los científicos en el camino correcto en un área, permitió que confundiera a sus seguidores en otro aspecto. Werner defendió una visión neptuniana de la tierra, afirmando que en un tiempo había habido un océano que lo cubría todo (como resultado del diluvio universal) que depositó todas las rocas y minerales a lo largo de la

corteza terrestre. La visión de Werner se oponía radicalmente a la de los plutonistas, que creían que los volcanes y los terremotos contribuyeron a cambiar la faz del planeta. Hacia finales del siglo dieciocho y bien entrado el siglo diecinueve, hubo una batalla furiosa entre estas dos fuerzas contrarias, y la gran posición de respeto de Werner dio gran crédito a lo que luego resultó ser una teoría errónea.

La historia de la tierra aún esperaba a ser contada.

§. Nuevos descubrimientos

Como podréis haber notado, aquellos que hicieron descubrimientos sobre la tierra llegaron a este trabajo desde diferentes campos, y James Hutton (1726-1797) no fue una excepción. La geología aún no era un campo de estudio y Hutton, que nació en Edimburgo, se había preparado para ser médico. Sin embargo, la herencia de una pequeña granja en Berwickshire cambió el rumbo de su vida. Mientras aprendía las labores de la granja, comenzó a intrigarse con el estudio de la superficie de la tierra, y finalmente volvió a Edimburgo a dedicar su tiempo a la mineralogía y a rastrear los orígenes de varios minerales y rocas.

Apoyándose en el trabajo de científicos de Italia, Hutton imaginó un colosal levantamiento necesario para formar la tierra tal y como la conocemos. Creyó que las capas de roca actuales se forman debido a tremendos cambios en la superficie terrestre. Las teorías de Hutton comenzaron a combatir las creencias de los neptunistas de que todas las rocas fueron distribuidas por el diluvio universal.

Hutton también se convenció de que el calor subterráneo podía levantar capas de roca, causando la dislocación de estratos y la posibilidad de que el agua o la roca fundida pudiesen viajar a través de venas creadas durante el levantamiento para reformar la superficie terrestre. El concepto más importante que defendió fue el del uniformitarianismo, es decir, que los procesos geológicos naturales son uniformes en frecuencia y en magnitud a lo largo del tiempo. En otras palabras, los cambios que ocurren hoy en día son muy parecidos a los ocurridos en el pasado, y por lo tanto, los fenómenos geológicos pueden ser interpretados basándonos en observaciones actuales. (Esto iba en contra de las ideas de los catastrofistas, que creían que un solo cataclismo, como una gran inundación mundial, causó la estructura actual del planeta y que poco cambió después).

Hutton también sostuvo la idea de que las rocas podían clasificarse de acuerdo con la edad relativa. Cada capa representa un intervalo específico de tiempo geológico, siendo la más profunda la más antigua. Aunque estas ideas son obvias para nosotros, representaban un razonamiento revolucionario hace doscientos años. Por supuesto, en aquella época sabían que no había forma de medir el tiempo entre los depósitos de rocas.

Hutton escribió sus ideas en una conferencia (*Theory of the Earth, or an Investigation of the Lazos Observable in the Composition, Dissolution and Restoration of Land upon the Globe; Teoría de la tierra o una investigación de las leyes observables en la composición, disolución y restauración de la tierra sobre el globo*) dada en la Royal

Society de Edimburgo en 1785. Aunque el razonamiento de Hutton era brillante, su escritura era densa y difícil de entender, de modo que hizo falta el esfuerzo de un amigo, John Playfair, profesor de la Universidad de Edimburgo, para hacer que la información fuese comprensible en un libro que publicó cinco años después de la muerte de Hutton: *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth* [Ilustraciones de la teoría huttoniana de la tierra].

§. Comprender las rocas: el trabajo de un topógrafo británico

William Smith (1769-1839), un ingeniero civil y topógrafo británico, nació en una familia de granjeros de Oxfordshire, Inglaterra, y a menudo es considerado como uno de los mejores geólogos de antaño debido a su cuidadosa observación de las rocas. Estudió para convertirse en topógrafo, lo cual le dio la oportunidad de viajar por toda Inglaterra estudiando las rutas de los canales. En su trabajo, Smith y otros topógrafos necesitaron entender las rocas a través de las cuales se iban a excavar los canales. Esto condujo a Smith a observar que los fósiles encontrados en una sección de roca sedimentaria siempre estaban en cierto orden desde la parte inferior a la superior de esa misma sección. Esta apariencia ordenada era recurrente sin importar la parte de Inglaterra donde se encontrase. Como resultado, a Smith se le atribuye el principio de sucesión de fauna, que reza que estratos de diversas localizaciones pueden estar relacionados por la disposición de los fósiles en una secuencia definida. Smith fue el primero en crear mapas geológicos usando los

fósiles como herramienta para cartografiar el orden estratigráfico de las capas, no su composición.

§. La geología consigue por fin el prestigio que se merece

Charles Lyell (1797-1875), un científico británico a quien a menudo se le llama el padre de la geología moderna, escribió *Principles of Geology [Principios de geología]* (publicado entre 1830 y 1833) y demostró que la tierra ha cambiado lentamente y gradualmente a lo largo de las edades y sigue aún cambiando.

Lyell nació en Escocia y tras estudiar derecho, abandonó tal campo para explorar la geología. Él y John Playfair eran grandes defensores de la, hasta entonces, controvertida idea uniformista de Hutton: que la tierra se formaba por fuerzas de lentos movimientos que actuaban sobre ella a lo largo de extensos periodos de tiempo.

Hacia mitad del siglo diecinueve, la obra de Lyell *Principios de geología* se había convertido en un texto muy influyente y por sus esfuerzos, Lyell fue nombrado caballero en 1848 y baronet en 1864. Uno de sus mejores amigos era Charles Darwin, y aunque Lyell no se adhirió por completo a la teoría de la selección natural de Darwin, sí apoyó los esfuerzos de su amigo en *El origen de las especies*. El hecho es que el impulso de Lyell por entender la extensión de la escala del tiempo geológico (ahora sabemos que es mayor de lo que creyó Lyell) fue absolutamente clave para permitir una seria consideración de la teoría de la selección natural de Darwin. Solo con un marco temporal tan extenso podía pensarse en un proceso evolutivo como el descrito por Darwin.

§. Entonces llegó la datación por carbono

Tras la época de Lyell y durante cien años o así, la edad de la tierra y de los estratos de roca fue objeto de gran debate. Los creacionistas creían que el lapso temporal era de tan solo unos miles de años; otros sugerían lapsos temporales muy superiores. Finalmente, ciertos avances en la segunda mitad del siglo veinte permitieron la datación radioactiva (la medición de la desintegración radioactiva) que ofrecía fechas relativamente estables para los horizontes geológicos.

El científico que aportó el sistema de datación por radiocarbono fue Willard Libby (1908-1980), un nativo de California que llegó a profesor de universidad. Estaba fascinado por el estudio de la radioactividad y en sus inicios trabajó mucho con contadores Geiger.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Libby se unió al Proyecto Manhattan y fue responsable de trabajar con el uranio-235 que se usó en la bomba atómica arrojada sobre Hiroshima. Tras la guerra, volvió a Berkeley para enseñar y comenzó a estudiar el carbono-14 radioactivo (descubierto por otro científico en 1940). En 1947 Libby observó que las plantas absorben parte de estas trazas de carbono-14 durante la fotosíntesis. Una planta viva absorbe la misma cantidad de C-14 en la fotosíntesis de la que naturalmente se desintegra y se convierte en N-14 (nitrógeno-14). Esto significa que la cantidad de C-14 permanece constante, y ya que los animales comen plantas, tendrán la misma cantidad constante de C-14 en

sus cuerpos. (Lo mismo ocurre con los seres humanos). Sin embargo, una vez que la planta muere, no puede absorber más carbono, y el carbono-14 que contiene se desintegra a una velocidad predecible. Encontrando la concentración de carbono-14 que queda en los restos de plantas, Libby descubrió que podía calcular cuánto tiempo había pasado desde la muerte de la planta.

Comenzó comprobando su proceso en objetos de una edad conocida. Pronto descubrió que podía establecerse una edad fiable para artefactos basados en el carbono (madera, pieles, textiles) de hasta 45.000 años de antigüedad ya que el carbono-14 desaparece átomo por átomo a un ritmo muy exacto. Esto ha permitido la estimación de la edad de las momias egipcias y de asentamientos prehistóricos, entre otras cosas. En 1960 se le concedió el Premio Noble de Química por haber liderado el equipo que desarrolló la datación por carbono-14.

Este sistema de datación ha sido fundamental para cartografiar la historia humana. Sin embargo, objetos de más de 45.000 o 50.000 años de antigüedad no tienen suficiente carbono-14 para ser medido, de modo que ahora los científicos han descubierto que pueden usar técnicas similares usando isótopos radioactivos con un periodo de semi desintegración mayor que el carbono-14. De entre los más usados actualmente están el potasio-40 con un periodo de semi desintegración de 1.250 millones de años, el uranio-238 con un periodo de semi desintegración de 4.500 millones de años, y el rubidio-87 con un periodo de semi desintegración de 49.000 millones de años.

§. Entonces ¿cómo sabemos la edad de la tierra?

Toda esta información sobre los modos para determinar la edad de la tierra nos devuelve a la pregunta inicial: ¿Cómo sabemos la edad de la tierra?

En este punto, no hay manera de señalar con exactitud la edad de la tierra porque se piensa que las rocas más antiguas han sido recicladas o destruidas por el proceso de tectónica de placas (véase el capítulo 2). Sin embargo, los científicos han podido determinar la edad probable del sistema solar, y por lo tanto han podido calcular la edad de la tierra asumiendo que esta y el resto de cuerpos sólidos del sistema solar se formaron a la vez. (Es de hecho más fácil datar a la luna pues no se ha visto alterada por movimientos tectónicos y la mayoría de sus rocas más antiguas están disponibles). Aunque los científicos han encontrado rocas en la tierra de 4.030 millones de años de antigüedad (en el noroeste de Canadá), se piensa que la tierra tiene de hecho 4600 millones de años que, basándonos en lo que conocemos del universo, concordaría con los cálculos actuales de entre 11.000 y 13.000 millones de años de la Vía Láctea y entre 10.000 y 15.000 millones de años la edad del universo.

Pero estad atentos por si hubiese novedades. En 1933 se creía que la tierra solo tenía 2.000 millones de años. Los nuevos métodos y avances científicos en la tecnología pueden cambiar este cálculo sobre el «cumpleaños» de la tierra en cualquier momento. (Todos los cambios o modificaciones de la escala temporal son supervisados por la Comisión Internacional de Estratigrafía).



Wegener defendió que una tierra llamada Lemuria unió en algún momento a la India, Madagascar y África, y que esto explicaría la generalizada distribución del lémur y del hipopótamo. El hecho de que marsupiales como el canguro y la zarigüeya se encuentren en Australia y las Américas hizo que Wegener también uniera a Australia con la distante Sudamérica.

Y aunque la escala del tiempo geológico es, en gran medida, un trabajo en continuo progreso, uno de los elementos con el que los científicos han estado satisfechos es que mientras que en los setenta el refinamiento de las mediciones de las edades durante el Periodo Terciario (una división mayor de la Era Cenozoica, la más reciente de las eras geológicas) solía variar entre un veinte y un treinta por ciento; ahora varía en cantidades mucho menores (un cinco por ciento), lo cual significa que la precisión de los procesos va mejorando.

Capítulo 2

Los caminos de la tierra son inescrutables

Contenido:

§. *Tectónica de placas, terremotos y otros fenómenos*

§. *Cómo ocurrió*

§. *La historia fue aparcada durante décadas*

§. *Cómo funciona*

§. *El asombroso poder de la tectónica de placas*

§. *De vuelta en los EE.UU.*

§. *Sobre los tsunamis*

§. *Más estudios en marcha*

§. Tectónica de placas, terremotos y otros fenómenos

Las fotografías por satélite a las que tenemos acceso tomadas de la tierra desde el espacio nos dan una gran ventaja para entender nuestro planeta. Pero en fecha tan temprana como 1596, un cartógrafo holandés, Abraham Ortelius, trabajaba con una información lo suficientemente precisa como para intuir que los continentes pudieron haber «estado unidos» en alguna ocasión. Ortelius teorizó que las Américas fueron «arrancadas de Europa y África... por terremotos e inundaciones» (Servicio Geológico de los Estados Unidos). Sin embargo, en aquella época, nadie tenía la información necesaria ni siquiera para comenzar a explicar cómo o si este fenómeno podía haber tenido lugar.

Hicieron falta 350 años para que los científicos comenzaran a entender más plenamente por qué los continentes parecen un gigantesco puzzle descompuesto. Por ejemplo, mira cómo Sudamérica podría unirse debajo de África, y fíjate cómo Groenlandia parece ser la pieza puente entre Europa y Norteamérica.

En los sesenta, una antigua teoría de la deriva continental condujo hasta la tectónica de placas, la teoría de que la capa externa de la tierra está fragmentada en una docena o más de placas grandes y pequeñas que se mueven unas con respecto a otras sobre materiales más calientes y móviles. En términos geológicos, una placa es una gran lámina rígida de roca sólida que se mueve sobre una astenósfera «plástica». La raíz de *tectónica* procede de la palabra griega que significa «construir». Ahora prácticamente todos los científicos están de acuerdo con que esta teoría nos acerca hacia una explicación de cómo se originaron los continentes, y por qué están donde están.

Al igual que la tabla periódica proporcionó una forma organizada de disponer los elementos químicos y revolucionó la química, y el descubrimiento del código genético cambió la naturaleza del estudio de la biología, la teoría de la tectónica de placas, que se concretó en los sesenta, ha revolucionado la geología.

§. Cómo ocurrió

Los científicos de los siglos XVII y XVIII se enfrentaron a muchas preguntas, incluyendo cómo se formaron los continentes de la

tierra. Como el cartógrafo holandés de finales del dieciséis, un teólogo alemán del siglo dieciocho intentó demostrar que las costas de Suramérica y África parecían haber sido separadas.

En 1859, un científico francés, Antonio Snider-Pellegrini, introdujo la idea de que todos los continentes estuvieron en una ocasión unidos durante el periodo Pensilvaniense (314-280 millones de años). Los científicos coetáneos de Snider-Pellegrini estaban comenzando a localizar plantas fósiles similares en varios continentes, lo cual les condujo a considerar la posibilidad de que hubiese existido en el pasado una enorme masa de tierra. La explicación de Snider-Pellegrini de lo que había ocurrido estaba dentro del pensamiento catastrofista de la época. Creyó que el Diluvio (de fama bíblica) fue el que separó los continentes.

El problema de las «piezas del puzle» fue un paso más allá en 1912, cuando un científico-explorador llamado Alfred Wegener (1880-1930) expuso la idea de la deriva de los continentes. Mientras trabajaba como profesor de astronomía en la Universidad de Marburgo, Wegener se topó con un artículo científico que señalaba la existencia de fósiles vegetales y animales idénticos a ambos lados del Atlántico. Wegener comenzó a reflexionar sobre este descubrimiento junto con las observaciones de las piezas del puzle que él y otros habían señalado.

Wegener determinó que hasta el periodo Carbonífero, hace unos 300 millones de años, los continentes eran un solo super continente al que llamó Pangea (palabra griega que significa «toda la tierra»). Wegener explicó que Pangea se partió por alguna razón y sus piezas

se han ido alejando unas de otras desde entonces. Wegener basó su teoría en algunas evidencias que incluían factores geológicos, paleontológicos y climatológicos:

- *La composición de la dorsal mesoatlántica que forma islas tales como Islandia y las Azores.* (La dorsal mesoatlántica es en su mayor parte una cordillera de montañas subacuáticas que se extiende a todo lo largo del océano Atlántico: desde el océano Ártico en el norte hasta el Antártico en el sur. En algunos lugares las montañas surgen del agua para formar islas). Se piensa que la dorsal mesoatlántica se formó por una fisura divergente que separa las placas tectónicas. Wegener creyó que la dorsal era material dejado atrás cuando los continentes que ahora flanquean el Atlántico se separaron. También señaló cómo las cordilleras montañosas, los tipos de minerales y rocas, y los depósitos de los glaciales concuerdan cuando se imaginan a los continentes unidos formando un puzle continental.
- *La sorprendente distribución de los restos fósiles de árboles y otras plantas que existían en el periodo Carbonífero, que había sido señalada por científicos que le precedieron.* Aunque cada región de la tierra parece tener su propia vegetación particular, los botánicos han encontrado que algunas plantas como la *Glossopteris* tropical (helechos con semilla) se propagó en áreas muy extendidas, y sus fósiles se encuentran en la India, Australia, Sudamérica y Sudáfrica y también en vetas de carbón en montañas cercanas al Polo Sur.

- *La distribución animal.* Wegener defendió que una tierra llamada Lemuria unió en algún momento a la India, Madagascar y África, y que esto explicaría la generalizada distribución del lémur y del hipopótamo. El hecho de que marsupiales como el canguro y la zarigüeya se encuentren en Australia y las Américas hizo que Wegener también uniera a Australia con la distante Sudamérica.

Partiendo de su conocimiento de varios aspectos de la ciencia así como de sus propias exploraciones, dio una conferencia sobre el desplazamiento continental ante la Asociación Geológica de Frankfurt en 1912. En 1915, ya estaba listo para escribir lo que sería la primera de las cuatro versiones de *El origen de los continentes y de los océanos*. Aunque Wegener continuó mostrando pruebas que apoyaban su teoría, fue incapaz de explicar qué fue lo que hizo que se separaran los continentes. Finalmente concluyó que los continentes eran como grandes barcazas que avanzaron hasta su posición actual como rompehielos. La mayoría de los científicos, sin embargo, encontraron que esta explicación era ridícula y como resultado desecharon la teoría por completo.

En el otoño de 1930, Wegener, que también tenía estudios de meteorología, accedió a acompañar a un amigo científico para ayudarlo a establecer una estación meteorológica en Groenlandia. Aunque Wegener alcanzó el destino pasando por unas condiciones meteorológicas muy adversas, murió (se cree que sufrió un infarto) cuando abandonó la estación para ir a por más suministros. De otro

modo, quizá hubiese vivido lo suficiente para ver que finalmente los científicos aceptaban su teoría.

Justo antes de la muerte de Wegener, Arthur Holmes, un geólogo británico, se convirtió en un defensor muy activo de la teoría de Wegener y propuso que un largo periodo de tiempo de calentamiento y enfriamiento de la tierra (la convección térmica) podría ser suficiente para separar masas de tierra y causar el movimiento de los continentes. La idea, sin embargo, no se impuso y Holmes fue también ignorado hasta los sesenta.

§. La historia fue aparcada durante décadas

En los años veinte Wegener había predicho que muchos misterios seguirían siéndolo hasta que se crease la tecnología que permitiese el estudio del suelo oceánico, y su profecía era correcta: el suelo oceánico tenía la clave.

En los cuarenta y comienzos de los cincuenta, el geofísico y oceanógrafo Maurice Ewing comenzó a tomar lecturas sísmicas del suelo oceánico (un método para medir las vibraciones de la tierra). Las lecturas y mediciones de Ewing eran enviadas a su ayudante investigadora Marie Tharp (1920-), quien había podido prepararse como geóloga por la escasez de trabajadores masculinos causada por la Segunda Guerra Mundial. Trabajando junto a su colega, Bruce Heezen, Tharp cartografió el suelo oceánico en detalle. Su trabajo finalmente descubrió una cordillera de 65.000 kilómetros que rodea el globo. Este dato geofísico puso los cimientos para la conclusión de que el suelo oceánico se extiende desde cordilleras

centrales y que los continentes están en movimiento, lo cual abrió el camino para la aceptación de las teorías de la tectónica de placas y de la deriva continental.

Hoy Marie Tharp es considerada una pionera de la cartografía moderna del suelo marino, pero solo comenzó a ser reconocida por su trabajo a mitad de los noventa. (No estaba en ningún libro de ciencias, aunque se lo merecía).

En los cincuenta, los científicos también empezaron a experimentar con los magnetómetros (adaptados a partir de artefactos aéreos desarrollados durante la Segunda Guerra Mundial para detectar submarinos), y notaron algo inesperado: el campo magnético de la tierra sufre inversiones extraordinarias a intervalos (capa a capa) que van desde varios miles a muchos millones de años, con un intervalo medio de aproximadamente 250.000 años. El último suceso similar ocurrió hace 780.000 años.

Esta nueva información les dio a los científicos dos nuevas pistas sobre la historia pasada de la tierra:

1. Cuando la roca fundida se alza desde debajo de la corteza terrestre (en este caso, bajo el agua) y se endurece para convertirse en corteza nueva, el hierro en la roca se endurece en la dirección magnética del polo magnético actual. Mientras la nueva corteza es empujada hacia la cresta de la cordillera, esta hace que la corteza anterior se separe, de modo que la roca joven se encuentra cerca del centro de la cordillera, y cuanto más te alejas de la cordillera, más antiguas son las rocas. (Si se permite que el hierro fundido se enfríe, las

moléculas de hierro se alinean con el campo magnético de la tierra, y el hierro forma un imán natural).

2. Esta información combinada con las «bandas» magnéticas en el suelo marino suministraron a los científicos otra forma de entender cómo se formó la tierra. Las bandas simétricas de roca paralelas a la cresta de la cordillera alternan la polaridad magnética (dirección actual-reversa, dirección actual, etc...), sugiriendo que el campo magnético de la tierra ha cambiado en muchas ocasiones.

Trabajando con la información conseguida en 1962, el geólogo americano Harry Hess propuso la teoría de la expansión del suelo oceánico. Si la corteza terrestre se expandía a lo largo de las cordilleras oceánicas, entonces Hess concluyó que en algún otro lugar debe de estar encogiéndose, formando (millones de años más tarde) fosas oceánicas. Hess sugirió que los continentes no flotaban libres, sino que interactuaban con la corteza oceánica. Las interacciones de placas formaban cordilleras montañosas, terremotos y volcanes. También propuso un mecanismo que empujaba el movimiento de las placas.

Al explicar tanto las bandas magnéticas simétricas como el incremento de la edad de las rocas al alejarnos del centro de la cordillera oceánica, la hipótesis de la expansión del suelo oceánico pronto ganó adeptos y representó otro avance importante en el desarrollo de la teoría de la tectónica de placas.

§. Cómo funciona

Hoy sabemos que la superficie de la tierra está compuesta por entre ocho y doce grandes placas y, más o menos, otras veinte menores. Todas se mueven en diferentes direcciones a velocidades distintas, algunas se mueven despacio (unos pocos centímetros al año), mientras que otras son relativamente veloces (algunos decímetros al año) en su progreso. Las placas no se intuyen necesariamente por el aspecto de los continentes. Por ejemplo, la placa norteamericana delimita aproximadamente la costa del oeste de los EE.UU. (donde todos saben que hay bastante actividad sísmica), pero la parte oriental de la placa se extiende hasta la mitad del Atlántico.

Estas son las características principales de la tectónica de placas:

- La superficie de la tierra está cubierta por una serie de placas de corteza.
- Los suelos oceánicos se mueven continuamente. Se crea nuevo suelo oceánico, que causa una expansión en cierta área (normalmente el centro) y un hundimiento en otra área (normalmente los bordes), donde se destruye la corteza.
- Las corrientes de convección en el magma (el material de roca fundida) bajo las placas las mueven en diversas direcciones.
- El origen del calor que impulsa las corrientes de convección es la radioactividad en lo profundo del manto terrestre.

¡Placas «de choque»!

Con el tiempo, los científicos comenzaron a comprender que la corteza terrestre consiste en dos capas fundamentales. El

escudo externo, la litosfera, es la corteza y está quebrada en fragmentos o placas. Flota sobre una capa interna «plástica» de lento movimiento llamada la astenósfera. Los movimientos de las placas dan forma a los continentes, erigen montañas y valles, y afectan al dominio y la evolución de las especies. Ya que los bordes de una placa o se están creando o destruyendo, su forma y tamaño están en continuo cambio. Hay tres tipos de límites que definen la forma en la que las placas chocan unas contra otras:

Límites convergentes: cuando dos placas colisionan o se empujan. Los resultados de estas colisiones son un poco como el juego «piedra, papel o tijera» pues hay un claro patrón de dominio. Si una placa oceánica muy densa se encuentra con una continental menos densa, la placa oceánica por norma general se ve forzada a quedar debajo, formando una zona de subducción. Estos encuentros crean cambios en la geología del área que pueden resultar en la creación de cordilleras y volcanes. La cordillera montañosa de Sudamérica y la cordillera de las Cascadas de Norteamérica son un buen ejemplo de esto.

Límites divergentes: un límite divergente consiste en dos placas que se alejan la una de la otra. Con el tiempo, el espacio se llena con nuevos materiales de magma fundido. Un ejemplo de esto son las dorsales de cordilleras oceánicas que causan la expansión del océano, incluyendo la Dorsal Mesoatlántica.

Límites transformantes: Estos ocurren cuando dos placas pasan una junto a la otra. Son conocidas como fallas de rumbo. La fricción entre las placas detiene el movimiento. Cuando las placas se empujan pero no pueden moverse por la fricción, la tensión comienza a incrementarse. Cuando la tensión excede el punto de fricción, hay un repentino movimiento a lo largo de la falla causando un terremoto. Por ejemplo, los científicos saben que la placa pacífica se mueve hacia el norte mientras que la placa norteamericana se mueve al sur, y esto causa fricción a lo largo de la Falla de San Andrés en la costa pacífica. Cuando las placas se deslizan, obtenemos un terremoto.

§. El asombroso poder de la tectónica de placas

Aunque un movimiento de una fracción de centímetro o de unos pocos centímetros al año no parece mucho, solo tenemos que recordar el 26 de diciembre de 2004 para saber que los movimientos de la tierra pueden tener como resultado acontecimientos muy trágicos. Aquel día un *tsunami*, que solo podemos categorizar como «bíblico» en poder y devastación, alcanzó Asia alzándose hasta unos sobrecogedores treinta metros en algunas partes. Según los científicos, fue el resultado de un terremoto de magnitud 9,15 que duró casi diez minutos. (La mayoría no duran más que unos pocos segundos). El terremoto y el *tsunami* resultante mataron a más de 238.100 personas, convirtiéndolo en uno de los más mortíferos de la historia moderna.

El terremoto ocurrió en el océano Índico, lejos de la costa occidental del norte de Sumatra, Indonesia. El *tsunami* resultante devastó las costas de Indonesia, Sri Lanka, el sur de la India y Tailandia, y causó serios daños y muertes en lugares tan lejanos como la costa oriental de África.

De acuerdo con los datos del Observatorio Lamont Doherty en Palisades, Nueva York, «unos 1200 km de falla se deslizaron 15 metros a lo largo de la zona de subducción donde la placa Indoaustraliana se hunde bajo la de Birmania» (Observatorio Lamont Doherty, Earth Institute en Columbia University). Los datos sismográficos indican que el corrimiento tuvo lugar en dos fases a lo largo de varios minutos y causó una ruptura de 400 kilómetros de largo por 100 de ancho, la más larga jamás conocida causada por un terremoto.

El *tsunami* ocurrió por una subida vertical repentina de varios metros del lecho marino durante el terremoto que desplazó volúmenes colosales de agua, resultando en una inundación y destrucción masivas.

§. De vuelta en los EE.UU.

Normalmente cuando hablamos de terremotos, pensamos siempre en California y en la escena del famoso terremoto de San Francisco de 1906. Es el estado donde sabemos que se encuentra la Falla de San Andrés.



El 18 de abril de 1906, a las 5:15 horas, un terremoto de 8.25 en la escala de Richter sacudió San Francisco. Mayor fue la destrucción de las llamas después, ya que la ciudad ardió durante tres días.

[Superior] Panorámica de la ciudad de San Francisco tras el terremoto. [Inferior] Soldados del Ejército de EE.UU. posan con sus fusiles Springfield 03 frente a las ruinas del Palacio de Justicia. Las

tropas ayudaron a la policía local en el mantenimiento del orden en la ciudad devastada.

Lo que solemos ignorar son los hechos. Hay cuarenta y un estados y territorios en los Estados Unidos con un riesgo de moderado a alto de sufrir terremotos, y ninguna región del país es inmune:

- Alaska sufre el mayor número de grandes terremotos, la mayoría localizados en áreas deshabitadas. Uno de los mayores se produjo cerca de Anchorage en 1964 y alcanzó un 9,2 en la escala Richter. En algunos lugares la tierra se alzó diez metros, y el terremoto inició un *tsunami* que mató a 122 personas.
- El mayor terremoto sentido en los Estados Unidos ocurrió a lo largo de la falla de Nuevo Madrid en Missouri, donde hubo una serie de terremotos durante tres meses de 1811 a 1812. Entre ellos, hubo tres terremotos superiores a 8 en la escala Richter. Estos terremotos se sintieron a lo largo del este de los Estados Unidos, y en Missouri, Tennessee, Kentucky, Indiana, Illinois, Ohio, Alabama, Arkansas y Luisiana experimentaron las mayores sacudidas.

Dicho esto, parte de lo que pensamos de California es correcto; el estado experimenta los terremotos que a menudo causan más daños. La configuración de la Falla de San Andrés es casi idéntica a la de la falla de Anatolia del Norte, que produjo un terremoto de 7,4 cerca de Ismir, Turquía, en 1999, y que mató a más de 15 000 personas, con un número incalculable enterrados bajo los

escombros. Además, los científicos han confirmado que el centro de Los Ángeles está situado sobre lo que se conoce como falla de empuje ciego, un tipo de falla capaz de producir terremotos devastadores. (En un terremoto causado por una falla de empuje, los bloques de tierra se mueven diagonalmente, casi verticalmente. En una falla de desgarre como la de San Andrés, las placas terrestres opuestas se desplazan una contra la otra horizontalmente).

La destrucción causada por un terremoto depende del tipo de tierra que se vea afectada por el seísmo. Se sabe que los terremotos licúan materiales de roca suelta que tienen pesados edificios sobre ellos. En un reciente terremoto en California, el mayor daño se produjo en las áreas que estaban construidas sobre residuos.

Como sabemos por las noticias sobre los grandes terremotos, uno fuerte puede destruir edificios y puentes, alterar los servicios de gas, electricidad y teléfono, y a veces desencadenar corrimientos de tierras, avalanchas, crecidas, incendios y enormes y destructivas olas oceánicas (*tsunamis*).

A menudo, sin embargo, la mayor devastación de los terremotos sucede a partir de los sucesos que desencadenan. El terremoto de San Francisco de 1906 fue serio, pero lo que hizo más daño fue la devastación causada por tres días de incendios. Debido a que las tomas de agua estaban inutilizadas era imposible luchar contra los fuegos. Fueron destruidos ocho mil edificios; 300 000 personas se quedaron sin hogar, y el número de muertes fue aproximadamente de 700.

Aunque el temblor de la tierra es aterrador, casi nunca es causa directa de muerte o lesión. El derrumbe de edificios, los cristales voladores y la caída de objetos son por norma general la causa de lesiones durante los terremotos. Saber esto es extremadamente útil para realizar las preparaciones necesarias. Es probable que podáis sobrevivir al temblor, en lo que os tenéis que concentrar es en crear un entorno que minimice los peligros de otros factores de riesgo como la caída de objetos.



En el terremoto de San Francisco fueron destruidos ocho mil edificios; 300 000 personas se quedaron sin hogar, y el número de muertes fue aproximadamente de 700.

Como con todos los desastres naturales, la seriedad de un terremoto depende en igual medida del tamaño de la población de la región como de la magnitud del desastre en sí. Un terremoto de magnitud 8 ó 9 en la escala Richter que ocurre en un área desierta no es tan serio como uno de grado 5 ó 6 en una gran ciudad. La hora del día también supone una gran diferencia. Si la mayor parte de las personas están en casa durmiendo, habrá menos heridos que a mediodía cuando hay personas en oficinas, autopistas, o al aire libre.

Lo que sí sabemos es que los terremotos seguirán agitando nuestro mundo, y las únicas preguntas son dónde y cuándo.

Cómo se miden los terremotos

Sismógrafos repartidos por todo el mundo miden los temblores de la tierra. La medida de los terremotos de la que todos oímos hablar es la escala Richter. En 1935, el Dr. Charles Richter, un geólogo del Instituto de Tecnología de California, propuso usar un método que de hecho es una escala matemática que mide la magnitud de los movimientos de tierra. Como las ondas creadas por un guijarro lanzado al agua, las ondas de un terremoto se debilitan al alejarse del epicentro del terremoto. Debido a que un terremoto afecta de diferente manera a áreas diversas, y es imposible medir cada lugar donde se ha sentido un terremoto, la medición de cualquier terremoto es recogida en al menos dos sismógrafos diferentes, y siempre se dan rangos de magnitudes, como por

ejemplo, entre 7,6 y 8,5.

§. Sobre los *tsunamis*

Los *tsunamis* son olas oceánicas producidas por terremotos, sucesos de impacto, corrimientos de tierra o erupciones volcánicas. Cuando un *tsunami* alcanza la orilla, a menudo se presenta como una crecida repentina de agua llena de desperdicios. El resultado es una inundación proveniente del océano.

Los *tsunamis* pueden generarse localmente, o pueden venir desde cierta distancia, y su nivel de destrucción es igualmente variable. En 1957 un *tsunami* lejano generado por un terremoto en las islas Aleutianas en Alaska llegó hasta Hawái, a 3300 kilómetros de distancia. Hawái experimentó pérdidas por un valor de 5 millones de dólares. Por contra, en 1992 el terremoto de Cabo Mendocino, California, produjo un *tsunami* que llegó a Eureka en unos veinte minutos y a Crescent City en cincuenta. Este *tsunami* tenía olas de treinta centímetros y no fue destructivo.

A menudo a los *tsunamis* se les llama equivocadamente maremotos, pero no es una ola de superficie, sino una ola profunda en la que el área oceánica al completo se mueve verticalmente varios centímetros o decímetros. Puede viajar a una media de entre 720 y 960 kilómetros por hora en mar abierto.

Irónicamente, los *tsunamis* no se sienten en los barcos porque la longitud de onda es de cientos de kilómetros de extensión con una amplitud (altura) de tan solo unos cuantos decímetros. Sin embargo, al acercarse a la tierra, la velocidad del tsunami decrece y

su amplitud crece. Aunque se han registrado olas de más de treinta metros (como en el *tsunami* asiático de 2004), generalmente las olas tienen entre tres y seis metros y pueden ser muy destructivas.

Las áreas con mayor probabilidad de experimentar tsunamis son aquellas que están a menos de ocho metros sobre el nivel del mar y a menos de dos kilómetros de la línea de costa. Para detectar un *tsunami* en sus primeras etapas, hay detectores situados cerca del fondo oceánico y son efectivos si hay forma de comunicar sus datos. Aunque los geólogos reconocieron la posibilidad de un *tsunami* tras el terremoto de diciembre de 2004, faltó la organización necesaria para que esta información se distribuyera adecuadamente. El sistema de advertencia en el Pacífico ha salvado cientos de vidas en los últimos años.

Los mayores riesgos que conlleva un *tsunami* son todos aquellos relacionados con las inundaciones (contaminación de las aguas, daños materiales, incendios debido a roturas en los conductos de gas, etc...) combinados con la amenaza de ahogo debido a su carácter repentino. La falta de predicción sobre dónde y cuándo va a surgir un *tsunami* también es problemática. Una comunidad puede experimentar olas inofensivas mientras que otra a un océano de distancia puede ser devastada por él.

§. Más estudios en marcha

Ya sea el desastre natural un terremoto o un *tsunami*, el primer paso para sobrevivir es la anticipación. Incluso con el sobrecogedor poder del tsunami asiático de 2004, aquellas comunidades donde

alguien pudo ver lo que estaba ocurriendo y de hecho actuaron al ver cómo el agua había retrocedido de manera tan evidente, resultaron menos afectadas que aquellas inmobilizadas por la ignorancia. Lo mismo se aplica a los terremotos.

El objetivo de la ciencia, por supuesto, es mejorar a la hora de predecir estos desastres naturales, y la tecnología está allanando el camino. Hoy en día las imágenes por satélite permiten un mayor estudio de la tectónica de placas, lo cual debería conducir a un mejor entendimiento de los terremotos. Y en relación con esto, los astronautas americanos colocaron varios reflectores láser en la luna que permitirán un mejor estudio de los movimientos de las placas.

Capítulo 3

Los dinosaurios

Contenido:

- §. *Del mítico grifo al pájaro moderno*
- §. *Primeros pensamientos sobre los fósiles de dinosaurios*
- §. *Hallazgos americanos*
- §. *La guerra de los huesos*
- §. *El último de los grandes cazadores de dinosaurios*
- §. *Nuevas teorías sobre viejas especies*
- §. *Más descubrimientos sobre seres antiguos*
- §. *¿Qué le ocurrió a los dinosaurios?*

§. Del mítico grifo al pájaro moderno

Los niños encuentran los dinosaurios extremadamente fascinantes, de modo que desde muy temprano, tienen la oportunidad de familiarizarse con estos sorprendentes animales prehistóricos — desde Barney y sus amigos (poca fidelidad pero de gran asociación con los dinosaurios) hasta maravillosas visitas a los museos de historia natural—. Tras los años de escuela primaria, la mayoría de los distritos escolares dedican poco espacio del temario a los dinosaurios. Como resultado, los niños aprenden sobre los dinosaurios en una edad en la que el estudio es poco más que un cuento.

De modo que al hablar de los dinosaurios y de lo que no se cuenta sobre ellos en nuestros libros de ciencia, casi todo cabe. Este

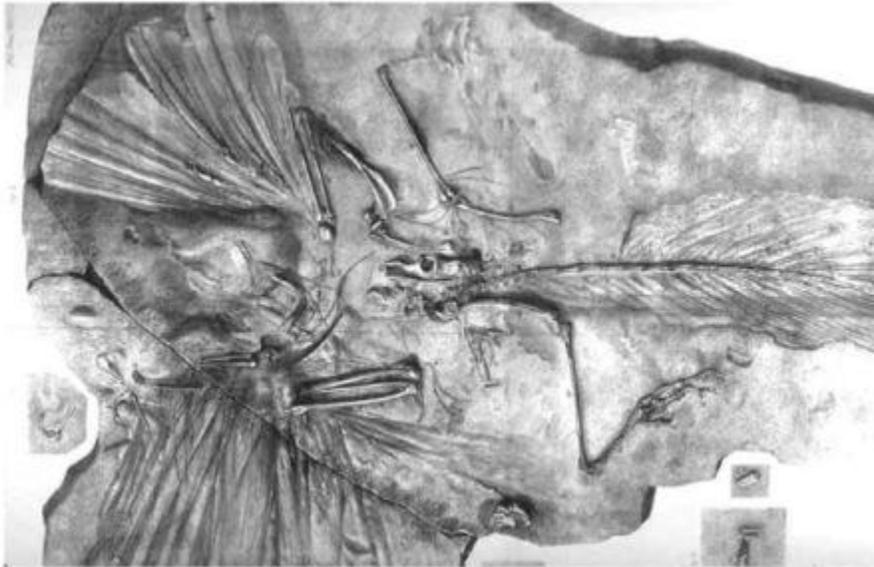
capítulo os hablará de los primeros descubrimientos de dinosaurios (una historia desventurada aunque interesante) y después repasa lo que los científicos están descubriendo hoy en día. Durante los últimos treinta años, se ha descubierto gran cantidad de nueva información y la idea de que los dinosaurios eran bestias torpes y lentas se ha desechado gracias a la nueva información que tenemos sobre estos reptiles.

Es una pena que los estudiantes no tengan tiempo para hablar de los dinosaurios. El estudio de estas notables criaturas es importante para entender las causas de las extinciones masivas en el pasado y para apreciar los cambios en la diversidad biológica.



Ilustración de un grifo, rodeado de numerosas plantas, flores e insectos, y una piña proveniente de la serie Animalium, ferarum et bestiarum, 1663, de Stent y Hollar. Su nombre viene de la expresión griega «gryphos», se trata de un ser mitológico que se representa con el tercio anterior de una terrible águila de plumas doradas, pico

colosal y grandes garras. El resto de su anatomía es la de un poderoso león muy musculado de pelaje crema. Algunos de estos seres se representan con orejas puntiagudas y plumas en la cola. Una de las hipótesis más plausibles plantea el origen del grifo como criatura mitológica en los numerosos restos fósiles de dinosaurios pertenecientes a la familia Ceratopsidae, que se encuentran en gran número en los desiertos de Asia central, sobre todo en Mongolia. Los esqueletos de estos dinosaurios, de boca en forma de pico, amplias escápulas, cola larga y garras de varios dedos pueden haber dado lugar a las leyendas sobre las criaturas mitológicas.



El Archaeopteryx de Londres. En 1861 se encontró el primer fósil de Archaeopteryx lithographica en las canteras de piedra caliza de Solnhofen, Baviera. Lo descubrió el paleontólogo alemán Hermann van Meyer, pero era propiedad de Haberlein Karl, quien lo vendió al British Museum por 700 libras esterlinas.

§. Primeros pensamientos sobre los fósiles de dinosaurios

Durante años, se encontraron (quizá por casualidad) fósiles de dinosaurios sin tener ni idea de lo que eran. Es comúnmente aceptado que muchas de las leyendas sobre monstruos, gigantes y grifos fueron alentadas por estos huesos sorprendentemente grandes que se encontraban pero que no se podían explicar.

La primera descripción documentada de un fósil de dinosaurio fue escrita en 1676 por Robert Plot (1640-1696), un anticuario e historiador local que escribió y publicó sobre la historia natural de su comunidad, Oxfordshire, Inglaterra. Como nadie tenía idea alguna de los dinosaurios, Plot realizó una conjetura basándose en la información de la que disponía e identificó el espécimen de hueso como parte de una pata de los elefantes de guerra que se pensaba que el general romano Plaucio había llevado consigo cuando invadió Britania en el 72 d. C. En 1677 Plot cambió de opinión y se le ocurrió la extraña idea de que pertenecía a la pierna de un gigante. El hueso se perdió finalmente, pero la descripción escrita por Plot — pesaba casi diez kilos y medía unos sesenta centímetros— junto con un grabado que la acompañaba ha permitido que los científicos modernos lo identifiquen como el fémur de un dinosaurio, probablemente el de un *Megalosaurus*.

Sin duda hay que nombrar aquí a una de las primeras cazadoras de dinosaurios que fue ignorada durante años por ser mujer. Mary Anning (1799-1847) vivía en Lyme Regis, en la costa sureña de Inglaterra, y aprendió a buscar fósiles con su padre, un constructor

de armarios. Este murió cuando Anning tenía tan solo once años, dejando a la familia en la indigencia.

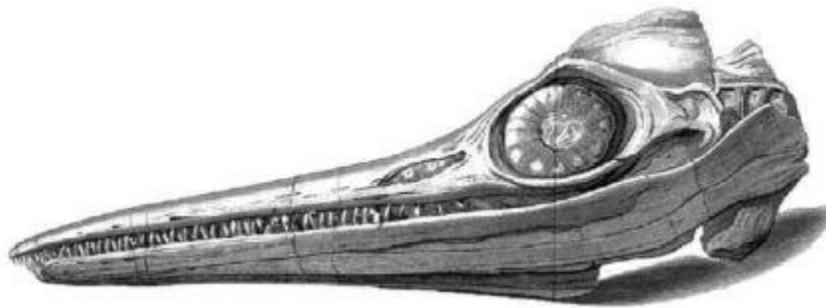


Retrato de Mary Anning con su perro. Esta pintura, realizada después de su muerte (1846) por B. J. Donne está basada en una obra anterior (1842) sita en el Museo de Historia Natural de Londres y realizado por Mr. Grey.

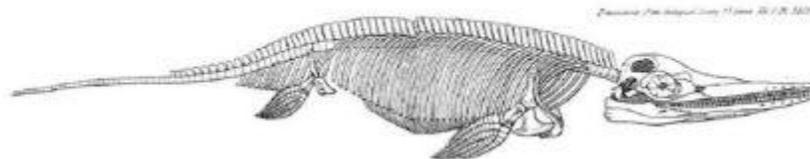
Mary Anning se hizo muy popular, su inusual vida continuó llamando la atención incluso después de su muerte. Se la asocia con un trabalenguas que fue compuesto en 1908 por Terry Sullivan inspirado en la historia de su vida:

*«She sell sea shells by the sea shore,
the shells that she sells are sea-shells, I'm sure.
So if she sells seashells on the seashore,
then I'm sure she sells seashore shells».*

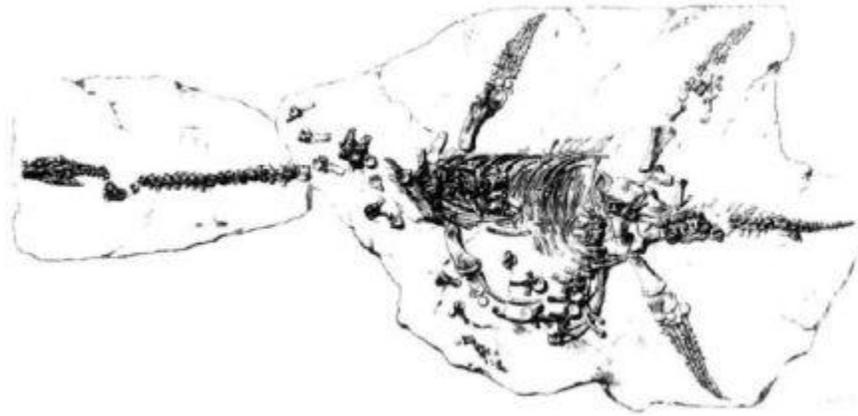
*(«Ella vende conchas marinas en la orilla del mar,
las conchas que vende son conchas marinas, estoy seguro.
Si vende conchas marinas en la orilla del mar,
entonces estoy seguro que vende conchas marinas de la orilla
del mar»).*



Dibujo de un artículo de 1814 de Everard Home para la Royal Society mostrando el cráneo de un ictiosauro encontrado por los Annings.



Esquema de la anatomía esquelética del ictiosauro, Ichthyosaur communis. Publicado en 1824 por la Sociedad Geológica de Londres, William Conybeare.



Litografía del esqueleto del Plesiosauro dolichodeirus encontrado por Mary Anning en 1823, publicado en 1824 por la Sociedad Geológica de Londres.

El área de Lyme Regis era espléndida para encontrar fósiles. Gracias a que el mar y los vientos azotaban los acantilados, los fósiles quedaban visibles para los que caminaban por la playa. A pesar de quedar así expuestos, no eran fáciles de conseguir. Los descubrimientos de fósiles atraían el turismo, y durante su adolescencia, Mary Anning y su familia habían creado un excelente negocio vendiendo los fósiles que se encontraban a diario. Anning caminaba bajo los inestables acantilados en busca de especímenes que pudiese sacar de la roca, y llegó a ser conocida por su habilidad para liberarlos con cuidado y por entero.

Con el tiempo, Anning creó un grupo de seguidores entre instituciones y sofisticados coleccionistas privados, pero hoy es difícil atribuirle todo aquello que encontró. Los museos de la época solían darle el crédito a los que donaban el fósil, de modo que a

menudo el nombre asociado a un hallazgo es el del coleccionista en particular que lo donó, no el de la persona que localizó el fósil. Teniendo esto en mente, se sabe que Mary Anning hizo algunos extraordinarios descubrimientos como un pequeño *Ichthyosaurus* (1821) y el primer *Plesiosaurus* (1823) prácticamente completo, así como el primer *Pterodactylus macronyx* británico, un reptil volador. Con el paso del tiempo, Anning se ganó el respeto de los científicos coetáneos, y hacia el final de su vida recibió pequeños estipendios de varias sociedades profesionales. Su obituario (1847) fue publicado en el *Quarterly Journal of the Geological Society*, una organización que no admitió mujeres hasta 1904.

Es interesante señalar que aún se realizan descubrimientos en el área de Lyme Regis por la continua erosión de los acantilados.

¿Por qué se les llamó dinosaurios?

El término dinosaurio (que significa más o menos «lagarto terrible») tiene su origen en la palabra griega *deinos*, que significa «terroríficamente grande,» y *sauros*, que significa «lagarto». Fue usado por primera vez por sir Richard Owen (1804-1892), un anatomista comparativo británico. Owen estudió un grupo de fósiles y se percató de las patas verticales (en oposición a las patas inclinadas de otros reptiles) y las cinco vértebras soldadas a la faja pélvica. En 1842 Owen los presentó como un grupo taxonómico separado, identificándolos como un suborden de grandes reptiles extinguidos. Hasta entonces nadie había pensado

que fuesen prehistóricos.

Owen creyó que aquella información refutaba la teoría de la evolución. (Darwin aún no había escrito *El origen de las especies*, pero la evolución ya estaba siendo debatida con anterioridad). De manera irónica, el trabajo de Owen finalmente ayudó a dar peso a los argumentos de aquellos que defendían la selección natural y la evolución.

Durante un tiempo fue prosector del Zoológico de Londres, pudiendo diseccionar y preservar cualquier animal que muriese en cautividad. Este hecho le concedió un vasto conocimiento sobre la anatomía de toda clase de animales. Owen también fue muy conocido por su descripción de la anatomía de una especie de primate recién descubierta (1847): el gorila. En su descripción negó categóricamente la idea de que los monos y los humanos pudiesen estar relacionados.

§. Hallazgos americanos

En los Estados Unidos, el primer descubrimiento conocido de un fósil de dinosaurio ocurrió en 1787, cuando un tal Dr. Caspar Wistar encontró un hueso de cadera en Gloucester County, Nueva Jersey, que ha estado perdido desde entonces. Unos años después, en 1800, Pliny Moody encontró huellas fosilizadas de treinta centímetros de largo en su granja de Massachusetts. Profesores de Harvard y Yale fueron a verlas, y supieron exactamente lo que eran: ¡las identificaron como las huellas dejadas por el cuervo de Noé!

Pero en 1838 comenzó un proceso asombroso: unos obreros que trabajaban en un pozo de marga (el depósito de un tipo de suelo que se desmenuza) en una granja de Haddonfield, Nueva Jersey, descubrieron el esqueleto casi completo de un dinosaurio. A los restos no se les prestó demasiada atención hasta 1858, cuando un aficionado a los fósiles llamado William Parker Foulke visitó el área y comprendió la importancia del hallazgo. Excavaron las partes que los trabajadores no habían extraído y descubrieron un animal más grande que un elefante con las características estructurales de un lagarto y un ave. Foulke invitó al anatomista y conservador del museo de Filadelfia, el Dr. Joseph Leidy, a contemplar el hallazgo y realizó los preparativos necesarios para transportar los huesos a la Academia de Filadelfia de modo que Leidy pudiese estudiarlos. Leidy se convirtió en un pionero en la documentación de la anatomía de los dinosaurios, y el *Hadrosaurus* de Haddonfield aún se puede ver en la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia. Tal descubrimiento marcaría el comienzo de la paleontología —el estudio de las formas de vida que existían en tiempos prehistóricos.

§. La guerra de los huesos

La paleontología comenzó con una rivalidad entre dos hombres, Othniel Marsh y Edward Cope, que compitieron por ser reconocidos como la máxima autoridad de este nuevo campo. Puede que esta contienda acelerase los hallazgos de huesos de dinosaurios en los Estados Unidos, pero debido a décadas de batallas en las que hubo

mentiras, tejemanejes, politiquero, y engaños, fue sin duda un ejemplo lamentable de cómo hacer las cosas.

Dos adinerados y competitivos científicos estadounidenses, Othniel Charles Marsh (1831-1894) y Edward Drinker Cope (1840-1897) comenzaron su relación como amigos. Se conocieron en la Universidad de Berlín y descubrieron que tenían un común interés por los fósiles. Cuando volvieron a los Estados Unidos, Marsh llegó a ser profesor en Yale, donde animó a su tío, George Foster Peabody, a que apoyara sus expediciones. (El Museo Peabody en New Haven es depositario de la mayoría de los descubrimientos de Marsh y es aún un muy respetado museo de historia natural).

Cope consiguió un trabajo con el gran paleontólogo Joseph Leidy, que en aquella época estaba muy ocupado con el análisis del descubrimiento de Haddonfield. Al formar parte del proyecto, Cope se ilusionó tanto con el descubrimiento en Nueva Jersey que se mudó con su familia a Haddonfield para poder trabajar directamente en los pozos.



Othniel Charles Marsh (1831-1894)

En 1866, Marsh, que había sido nombrado el primer profesor universitario de paleontología en los Estados Unidos, fue hasta Haddonfield para visitar los pozos junto con Cope. Sin embargo, Cope supo más tarde que Marsh volvió al lugar en solitario y ofreció sobornos a los trabajadores para que le enviaran a él los descubrimientos. El resultado fue una amarga disputa conocida como la Guerra de los Huesos en la que se espiaron, elevaron el precio de los huesos, atacaron la validez del trabajo del otro y en definitiva, hicieron todo lo que pudieron por destruirse mutuamente.

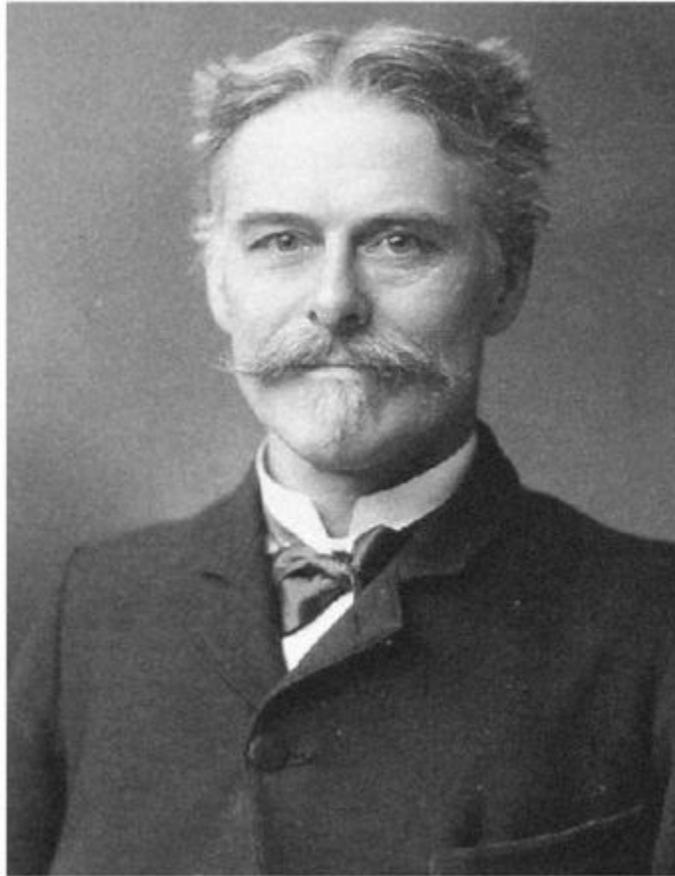
Durante los siguientes veinte años, Cope y Marsh se marcharon de Nueva Jersey en expediciones independientes hacia el oeste, usando los fuertes de la caballería de los EE.UU. como áreas de descanso y carromatos tirados por mulas como vehículos. Durante la primera expedición de Marsh a Wyoming en 1870, William F. Cody (famoso por el Espectáculo de Búfalo Bill) actuó de guía durante la primera parte del viaje. (Siguió siendo amigo de Marsh y lo visitaba siempre que visitaba el área de Connecticut con su espectáculo). Durante estas expediciones, los derechos de los indios no fueron tenidos en cuenta.

En 1879 los trabajadores del ferrocarril contactaron con Marsh para informarle de un gran hallazgo fósil cerca de Como Bluff, Wyoming, Cope también acudió y acusó a Marsh de robar sus fósiles. Marsh prefirió dinamitar el yacimiento de fósiles antes de que cayera en las manos «equivocadas».

En conclusión, la rivalidad acabó con las fortunas de ambos hombres. Cope tuvo que vender parte de su colección y Marsh tuvo que hipotecar su casa y rogarle a Yale que le diera un salario ya que había acabado con el legado de su tío.

Al comienzo de la Guerra de los Huesos, solo había nombradas nueve especies de dinosaurios en los EE.UU.; cuando murieron estos dos hombres, el número de especies era mucho mayor. Marsh descubrió un total de ochenta y seis nuevas especies, mientras que Coper descubrió cincuenta y seis. Juntos descubrieron ciento treinta y seis especies nuevas (hubo algunas que coincidían)

creando un nuevo campo científico y un gran interés en todo el mundo.



Edward Drinker Cope (1840-1897)

§. El último de los grandes cazadores de dinosaurios

Barnum Brown (1873-1963), nombrado así por el empresario de circo P. T. Barnum, pasó sesenta y seis años practicando la paleontología y fue responsable de gran parte de la colección del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York. Aunque Brown construyó una gran colección de huesos de dinosaurios durante su larga carrera, siempre será recordado por el gran

público como el que descubrió el primer *Tyrannosaurus rex*, «El rey de los lagartos tiranos», en Hell Creek, Montana. En 1902 encontró el primer esqueleto, y en 1908 localizó uno que estaba mejor conservado.

Una interesante nota a pie de la historia: durante la Segunda Guerra Mundial, los americanos temieron que se perdiese el fósil de *Tyrannosaurus rex* si los alemanes bombardeaban Nueva York. De este modo, los huesos del descubrimiento de 1902 fueron enviados al Carnegie Museum en Pittsburgh para preservarlos.

§. Nuevas teorías sobre viejas especies

¿Descienden realmente las aves modernas de los dinosaurios? Un número cada vez mayor de científicos así lo creen.

A finales de la década de 1860, el naturalista británico Thomas Henry Huxley examinó un nuevo fósil de ave llamado *archaeopteryx* y descubrió un hueso del esqueleto que era muy similar a otro que se encuentra en los terópodos, la familia de dinosaurios depredadores a la que pertenece el *T. rex*. Esta observación condujo a su teoría de que los pájaros evolucionaron de los dinosaurios. (Ahora sabemos que los terópodos comparten más de 50 características anatómicas con las aves modernas incluyendo la espoleta, las muñecas giratorias y tres dedos de las patas proyectados hacia adelante).

La relación entre las aves y los dinosaurios fue ridiculizada ampliamente hasta hace unos pocos años cuando el paleontólogo canadiense Philip Currie y el geólogo chino Ji Qiang publicaron

sendos artículos sobre el descubrimiento en China de dos pequeños fósiles de dinosaurios que parecían tener plumas. En 1996 un dinosaurio del tamaño de un pollo conocido como *Sinosauropteryx* y en 1997 un dinosaurio parecido a un correcaminos conocido como *Caudipteryx* parecieron aportar nuevas evidencias.

Los científicos que apoyan esta teoría ahora sugieren que casi la mitad de las especies de dinosaurios durante el periodo Cretácico (65-144 millones de años) pudieron tener plumas de algún tipo. El paleontólogo Philip Currie cree que incluso el *Tyrannosaurus rex* podría haber tenido plumas. ¿Volaban? Los esqueletos sugieren que estos dinosaurios con plumas vivían exclusivamente en tierra, de modo que las plumas pudieron tener una función aislante, llamativa, y, probablemente en el caso de algunas criaturas, habrían servido para vuelos muy rudimentarios.

Otra prueba clave que relaciona a las aves y los dinosaurios vino de Madagascar en 1998. Catherine Forster, una paleontóloga de la State University de Nueva York, Stony Brook, encontró el fósil de un ave de entre 65 y 70 millones de años. El ave tenía una garra en forma de hoz al final de un segundo dedo grueso en sus patas traseras, y el único animal conocido con una «garra mortal» de ese tipo son dinosaurios como los velociraptores —los dinosaurios que en la película *Parque Jurásico* usaban las garras cortantes durante los ataques.

La mayoría de las teorías científicas tienen sus detractores, y la teoría de la relación entre aves y dinosaurios no es una excepción. El doctor Alan Feduccia, un ornitólogo y biólogo evolutivo de la

Universidad de Carolina del Norte, dice que él y la mayoría de los ornitólogos creen que las aves y los dinosaurios tienen un ancestro reptil común, pero cree que los pájaros no son, de hecho, dinosaurios vivientes.

¡Seguid al tanto leyendo las noticias!

Un golpe de suerte accidental

Acaba de anunciarse un sorprendente descubrimiento de 2003. Ese año se encontró un *T. rex* gracias a un equipo de cazadores de fósiles liderados por John R. Horner, paleontólogo del Museo de las Rocas en la Montana State University. El esqueleto del *T. rex* fue excavado de la Formación Heel Creek. Estaba enterrado en arenisca de hace 70 millones de años, en un área remota del Refugio Nacional de la Vida Salvaje Charles M. Russell en Montana.

Debido a que el terreno donde se encontró el fósil era extremadamente agreste, la única forma de llevarse los pesados huesos incrustados en la roca para poder estudiarlos era por aire. Aunque se calculaba que aquel *tyrannosaurus* en particular tenía dieciocho años cuando murió y era menor que la mayoría, los huesos de las patas incrustadas en la roca eran demasiado grandes como para transportarlos por helicóptero. Los científicos decidieron, por tanto, que tenían que romper con mucho cuidado los huesos más largos para llevar el esqueleto al laboratorio. Cuando los fémures rotos llegaron al laboratorio en Bozeman, Montana,

la suerte siguió sonriéndole a la ciencia: nadie había aplicado productos de preservación, algo que se suele hacer de inmediato. Aunque esto había preservado el espécimen, también habría contaminado el tejido que pronto iban a descubrir. El caso es que los científicos comenzaron aquel día a estudiar los fragmentos de hueso para descubrir que aún había restos de tejido blando (células de hueso y vasos sanguíneos) bordeando la cavidad del tuétano del hueso. Nunca se había recuperado esta clase de tejido de un dinosaurio. La científica que hacía el examen, la Dra. Mary Schweitzer, descubrió que lo que tenían, sorprendentemente, eran restos de tejido blando de una criatura prehistórica que vivió hace 68 millones de años.

Los primeros estudios con el microscopio electrónico de barrido mostraron que los vasos sanguíneos del dinosaurio eran muy similares a los de aves que no vuelan como los avestruces o los emúes, lo cual apoya la teoría de que las aves son los descendientes vivos de algunos dinosaurios. Tras un estudio cuidadoso, el equipo ha concluido que el tejido derivado del estrógeno era similar a sustancias que hoy en día solo están presentes en las aves vivas. El estudio continuado de este *T. rex* condujo a un anuncio posterior de que estaba ovulando cuando murió.

§. Más descubrimientos sobre seres antiguos

A principios del siglo XX la mayoría de los museos de historia natural comenzaron a reunir equipos de excavación y continuaron identificando diferentes especies. Sin embargo, en décadas recientes, la investigación ha pasado de encontrar y clasificar a estudiar las vidas y hábitats de los dinosaurios. A finales de los 60, Robert Bakker propuso que estas antiguas criaturas podrían haber sido tan ágiles y enérgicas como los animales de sangre caliente, y los descubrimientos siguieron por ese camino.

También se han realizado nuevos descubrimientos gracias a las nuevas tecnologías. El uso de los rayos X digitales y los TAC en los huesos de los dinosaurios ha conducido a saber más sobre sus vidas, y la tecnología informática ha permitido a los científicos calcular velocidades y maneras de andar de estos animales. Algunos de los nuevos descubrimientos son:

- Uno de los campos más ricos de exploración ha sido el desierto de Gobi en el sur de Mongolia, que ha sido estudiado de manera más precisa desde que Mongolia declaró su independencia de la Unión Soviética a principios de los 90. Tras tres descorazonadoras visitas, los paleontólogos estadounidenses llegaron a un área donde encontraron sesenta dinosaurios en tres horas.
- De entre los embriones de dinosaurio de 190 millones de años de antigüedad encontrados en Sudáfrica, uno era un *Massospondylus* aún enroscado dentro de un huevo de menos de diez centímetros de largo. Las nuevas investigaciones sugieren que los recién nacidos comenzaban a moverse sobre

cuatro patas pero que de algún modo al madurar conseguían andar sobre dos, un patrón de desarrollo que casi es inaudito entre los vertebrados, dicen los investigadores dirigidos por Robert Reisz de la Universidad de Toronto. Los fósiles fueron de hecho excavados en Sudáfrica en 1978, pero se ha tardado todo este tiempo sacar a los embriones de la roca y de la cáscara del huevo para analizar los restos.

§. ¿Qué le ocurrió a los dinosaurios?

Las pruebas indican que ha habido al menos cinco extinciones en masa. Estas extinciones ocurren cuando hay un cambio en la geología o en el clima de un área. Finalmente, los organismos mejor adaptados sustituyen a los que antes había. Estas extinciones ocurrieron en poco tiempo según el tiempo geológico, lo cual para nosotros sería un millón de años aproximadamente. Cada grupo de «nuevos» organismos incluye a aquellos con rasgos adaptados al nuevo entorno, resultado del cambio en el clima o la geología que causó la última extinción.

- Hace 544 millones de años se extinguieron organismos de cuerpo blando.
- Hace 362 millones de años se extinguieron muchas especies marinas tropicales.
- Hace 251 millones de años ocurrió la mayor extinción en masa de la tierra, afectando a un buen número de especies, entre ellas muchos vertebrados.

- Hace 65 millones de años ocurrió la extinción en masa que creemos acabó con la edad de los dinosaurios. Aunque los mamíferos y las plantas sufrieron mucho, no fueron aniquilados. Aparecieron los mamíferos placentarios.

Hoy en día es generalmente aceptado que un meteorito golpeó la tierra hace unos 65 millones de años desencadenando los sucesos que conducirían a la extinción de los dinosaurios. Sin embargo, los científicos también creen que la historia es más complicada que un simple «fuera luces» y una consecuente extinción.

Se estima que un gran objeto, probablemente un asteroide de entre ocho y diez kilómetros de extensión, originó un cráter de 190 kilómetros en la punta de lo que hoy en día es la península de Yucatán en México. (Aunque esta magnitud parece imposible, recientes ejemplos de impactos en otros planetas han dado credibilidad a esta teoría. En 1994, Júpiter fue golpeado por una serie de fragmentos de cometas y algunos de los choques superaron el diámetro de la tierra). Este impacto increíblemente poderoso originó una nube de polvo en todo el mundo que bloqueó la luz del sol y que con el tiempo aniquiló el 70 por ciento de las plantas y animales existentes —incluyendo a los dinosaurios. Sin embargo, otros factores como los gases volcánicos, el enfriamiento climático, el cambio en el nivel del mar, los bajos índices de reproducción, los gases venenosos de un cometa, o cambios en la órbita o el campo magnético de la tierra podrían haber contribuido a la extinción.



*John B. Abbott en la excavación de un fémur de Antarctosaurus en
1924. Argentina, Buenos Aires.*

Capítulo 4

El elefante

Contenido:

- §. Del peludo mamut hasta el gran comunicador*
- §. Por qué necesitamos a los elefantes*
- §. Sobre el elefante*
- §. La trompa de un elefante*
- §. Otras características de los elefantes*
- §. Vida social*
- §. Ancestros del elefante*
- §. Familias de elefantes*
- §. Comunicación entre elefantes*
- §. Domesticación de los elefantes*
- §. Enemigos*
- §. ¿Qué se está haciendo para proteger a los elefantes?*

§. Del peludo mamut hasta el gran comunicador

Uno de los problemas al estudiar ciencias es que hay tanto material por cubrir que no queda tiempo para contemplar el mundo maravilloso que nos rodea. Pensad, por ejemplo, en el elefante. Le hemos visto hacer equilibrios en los circos y estamos familiarizados con él en los zoológicos, pero ninguna de estas experiencias hace justicia al mayor de los mamíferos terrestres, una especie que tiene una estructura social bien definida y fuertes lazos familiares. Son unos animales fascinantes que poseen un complejo sistema de

comunicación, un completo abanico de emociones y unos cuerpos perfectamente diseñados para su estilo de vida.

§. Por qué necesitamos a los elefantes

Los elefantes necesitan amplios territorios por los que vagar. Necesitan comida en abundancia, y necesitan viajar lejos para encontrarse con otras poblaciones de elefantes y evitar la endogamia. Aunque las necesidades de los elefantes no son simples, el bien que realizan es incalculable. Si se les da el espacio suficiente para vivir, los elefantes son enormemente útiles para aquellos que los rodean y desarrollan una función vital en el ecosistema. Los animales vecinos beben de los charcos que los elefantes excavan en las áreas secas, y cuando derriban ramas, hacen que la comida esté disponible para otros animales más pequeños. Los elefantes comen ramas y hojas, favoreciendo la poda de los arbustos y el crecimiento. Los caminos que los elefantes abren en las sabanas y en las selvas hacen de cortafuegos contra los incendios y conducen el agua de lluvia, también son usados por otros animales así como por futuras generaciones de elefantes. Como no digieren todo lo que comen, parte de la materia vegetal, incluyendo semillas, pasa directamente por su sistema. Al viajar y defecar, diseminan las semillas. Desafortunadamente, si los elefantes no encuentran suficiente comida, pueden asolar granjas y desertizar áreas completas.

Tristemente, nuestro crecimiento demográfico ha empequeñecido sus territorios, y la matanza de elefantes para conseguir sus colmillos ha diezmando su población.

§. Sobre el elefante

Los elefantes son los mayores mamíferos terrestres. Comúnmente, los elefantes se han descrito como africanos o asiáticos (anteriormente conocidos como indios). Se asume que ambas especies son similares, pero de hecho están bastante diferenciadas genéticamente. Los elefantes asiáticos están más íntimamente relacionados con los mamuts que los africanos. Tampoco el elefante africano es lo que se ha supuesto. Hay de hecho dos especies distintas: el elefante de la sabana (o matorral) y el elefante de la selva, que se diferencian sobre todo en el tamaño. El elefante medio de la sabana mide más de dos metros y medio en la cruz, y el de la selva es más pequeño.

El elefante asiático y las dos especies de africano también se diferencian en el tamaño del cuerpo y de las orejas. El asiático, *Elephas maximus*, tiene la piel suave y una enorme cabeza abovedada con orejas relativamente pequeñas replegadas hacia atrás. La especie africana, *Loxodonta africana*, tiene la piel muy rugosa, un lomo más recto con una pequeña elevación en la mitad, orejas enormes, y una vértebra más en la sección lumbar de la espina dorsal.

Las trompas también son diferentes. El africano tiene dos «dedos» al final de la trompa, haciendo que le sea más fácil recoger objetos. El

elefante asiático solo tiene un «dedo». Además, los elefantes africanos adultos tienen grandes colmillos, mientras que solo los machos adultos asiáticos los tienen. (Como se explica más tarde, los colmillos han causado grandes problemas a los elefantes).

Todos los elefantes tienen unos patrones evidentes en las orejas que pueden reconocerse a simple vista. Los científicos a menudo documentan estudios de varios elefantes basándose en sus orejas.

Los elefantes africanos viven en las praderas de la sabana y en áreas de bosque abiertas en el centro y sur de África. Los elefantes asiáticos viven en India, Nepal y en el sureste asiático, en los bosques de matorrales y en los límites de las junglas.

La manera de andar balanceándose de los elefantes se produce porque mueven las patas delanteras y traseras del mismo costado a la vez. Tienen las pezuñas bien acolchadas y son flexibles, y un elefante puede ser bastante silencioso al moverse porque tiene el peso muy bien distribuido.

Los elefantes comen toda clase de vegetación, desde hierba y frutas hasta hojas, cortezas y raíces, y necesitan consumir 110 litros de agua y 100 ó 200 kilos de comida al día. Como el panda, pasan casi todo el día (dieciocho horas) alimentándose. *Paquidermo*, una palabra usada para referirse a los elefantes (y también a los hipopótamos) significa «piel gruesa», y la descripción es totalmente adecuada. La piel del elefante tiene de hecho dos centímetros y medio de grosor en algunas partes. Sorprendentemente, su piel es también muy sensible. Se rocían con agua y toman baños de barro y

arena en un esfuerzo por protegerse la piel del sol y de las mordeduras de insectos.

Hechos sobre los elefantes

TAMAÑO: Los elefantes africanos son mayores que los asiáticos. Las hembras de los elefantes africanos pueden pesar unos 3600 kilogramos y los machos hasta unos 6800, aunque el mayor elefante que se conoce era un macho adulto que pesaba 10 886 kilogramos. Un elefante africano adulto puede ser más alto que un autobús y pesar tanto como cuatro coches.

Las hembras asiáticas tienen la mitad del tamaño de los machos. Las hembras pueden pesar hasta 2.720 kilogramos y los machos 4.990.

ESPERANZA DE VIDA: Los elefantes africanos pueden vivir entre 50 y 70 años; los asiáticos entre 40 y 50.

VELOCIDAD: Un elefante a menudo cubre unos 3 o 6 kilómetros a la hora y pueden cargar a 40 kilómetros por hora. En comparación, una cebrá puede alcanzar una velocidad de 65 kilómetros por hora.

LARGO DE LAS PESTAÑAS: ¡Son tan largas como una mano humana!

§. La trompa de un elefante

La trompa de los elefantes es tan importante para ellos como las manos para los humanos. Además de oler y respirar, los elefantes

también usan las trompas para tocar, alimentarse, saludar a otros elefantes, y para acariciar a las crías. La trompa también funciona como esnórquel cuando tienen que cruzar aguas profundas.

La trompa es absolutamente vital para beber porque los elefantes no pueden bajar la cabeza lo suficiente para hacerlo. Aunque se suele asumir que usan la trompa como si fuese una pajita, no es así. Sería más como una gigantesca cuchara. El elefante succiona agua por la trompa hasta cierto punto, la dobla hacia su boca, gira la cabeza y deja que el agua caiga.

La trompa contiene 40.000 músculos y es increíblemente flexible. Pueden usarla para tumbar un árbol o para recoger algo tan pequeño como una moneda. Son pesadas, por lo que no es extraño ver a los elefantes descansando la trompa sobre un colmillo.

§. Otras características de los elefantes

Los colmillos son de hecho incisivos que han crecido de manera desproporcionada. Los elefantes usan los colmillos para defenderse, excavar y para elevar objetos. Al igual que hay diestros y zurdos, los elefantes usan más un colmillo que el otro.

Los dientes de los elefantes, que poseen en grupos de cuatro, están diseñados para triturar comida vegetal, pero pasan tanto tiempo comiendo que esto les pasa factura. Cuando un diente se desgasta, se cae y otro avanza. Cada elefante puede llegar a tener seis grupos de molares durante su vida. Cuando se hacen viejos, los dientes se les vuelven sensibles. Si un elefante gasta todos los dientes, puede morir de desnutrición. Las marismas son lugares ideales para los

elefantes más viejos pues pueden encontrar plantas más blandas, y muchas veces se quedan allí hasta que mueren. Esta práctica ha promovido el mito de que los elefantes van a un sitio especial a morir. En realidad, están allí porque el área les ofrece la mejor oportunidad de vivir el máximo tiempo posible.

§. Vida social

Los científicos informan de que los elefantes parecen tener un sorprendente rango de emociones, que incluyen lo que parece ser la alegría del juego, la tristeza y el dolor. Cuando un elefante ha estado alejado del grupo y vuelve, se le saluda con mucha alegría. Durante este saludo los elefantes dan vueltas con las cabezas altas y aleteando las orejas. El saludo ceremonial también podría incluir un sorprendente abanico de sonidos desde gruñidos hasta gritos o rugidos; también orinan y defecan por la emoción.

Los elefantes también se ayudan entre sí. Se les ha observado arrastrando a jóvenes elefantes por orillas embarradas con la trompa y caminado a los flancos de algún compañero debilitado para darle apoyo. La película de Walt Disney *Dumbo*, muestra a una hueste de elefantes enfurecidos por lo que le ocurre a Dumbo y a su madre, y no está muy alejado de la realidad. Si sienten peligro, los elefantes rodean a las crías y despliegan las orejas para parecer más fieros.

Las historias sobre la ira de los elefantes son ciertas, y algunos científicos han señalado que los elefantes sufren estrés post-traumático que explicaría su violencia cuando se les ha maltratado

o cuando carecen de alimento. Los elefantes sin colmillos tienden también a ser más agresivos por carecer de protección.

§. Ancestros del elefante

Antes de la última edad del hielo, existían más especies de elefantes que hoy en día. La más conocida entre ellas es el mamut, que habitó Europa, el norte de Asia y América del Norte. Los mamuts estaban más estrechamente relacionados con los elefantes asiáticos, y aunque el término mamut ha llegado a significar «enorme», los mamuts no eran mayores que los elefantes asiáticos actuales —el menor de los elefantes que conocemos. Los que vivían en el norte tenían pelo y grandes y curvos colmillos. La mayoría de los mamuts murieron al final de la edad del hielo; sin embargo, un mamut enano que vivía en la isla Wrangel no llegó a extinguirse hasta el 2000 a. C.

Aunque se han hallado restos helados de mamuts lanudos en el norte de Siberia, estaban bastante descompuestos cuando se congelaron, imposibilitando que los científicos extrajeran mucho material genético.

Los científicos que estudian el pasado genético creen que la familia del elefante comparte ancestros lejanos con las vacas marinas y con los hiracoideos. Una teoría sostiene que estos animales vivieron bajo el agua y usaban las trompas como esnorquels. Quizá aporte credibilidad a esta teoría que los elefantes modernos puedan nadar hasta seis horas usando la trompa de este modo.

§. Familias de elefantes

Tanto los elefantes africanos como los asiáticos viven en rebaños predominantemente femeninos, a menudo consistentes en 30 ó 50 animales. La hembra de más edad y más experimentada en el rebaño es la líder, y ella decide cuándo y dónde comerán, descansarán y viajarán. Los machos adultos no viven en manadas. Una vez que los elefantes machos llegan a la adolescencia, abandonan sus familias y viven en pequeños grupos con otros machos. Tras llegar a la edad adulta, visitan otras manadas por breves periodos para aparearse. Los machos no intervienen en el cuidado de los jóvenes.

Dentro de la manada de hembras, hay un constante apoyo familiar. Los elefantes dan a luz una vez cada pocos años y la gestación dura entre veinte y veintidós meses. Una vez que nace una cría, las elefantas que han parido reciben ayuda de las tías, hermanas y primas. En el proceso, las hembras más jóvenes aprenden a cuidar de las crías.

Las crías de elefante miden un metro al nacer, y unos treinta minutos después intentan ponerse en pie. Al principio, la cría se ayuda apoyándose contra la pata de la madre, pero en unos pocos días, será lo suficientemente fuerte como para andar detrás de ella. Las crías son a menudo muy peludas con largas colas y con trompas muy cortas que aún no saben controlar. A menudo tropiezan con ellas hasta que pueden manejar sus músculos. Las crías, sin embargo, utilizan las trompas como chupetes. Son

cuidadas durante dos años y pueden llegar hasta los seis. Aprenden fundamentalmente por observación, no por instinto.

Los machos adolescentes determinan su jerarquía a través de luchas con la cabeza y colmillos. La fuerza y el temperamento son tan importantes como el tamaño y la edad. A menos que una hembra esté en celo, son bastante tolerantes unos con otros. Cuando una hembra está lista para aparearse, se vuelven muy competitivos.

Los científicos están descubriendo que cuando las familias de elefantes son destruidas por los cazadores furtivos, sufren tal desorden como el que sufriría una familia humana. En un artículo en la revista *Natural History* (Delia Owens y Mark Owens, «Comeback Kids», julio/agosto 2005, 22-25), los especialistas de la fauna salvaje Delia y Mark Owens cuentan sus observaciones de lo que ha ocurrido en Zambia donde los furtivos abatieron al 93 por ciento de la población de elefantes por su marfil, piel y carne. La población pasó de 17 000 a mediados de los 70 a unos 1500 a mediados de los 90. Tras identificar una elefanta huérfana de cinco años de edad, los Owens siguieron de cerca su desarrollo. Dio a luz a una edad mucho más joven que la mayoría de los elefantes, y como no había tenido una manada protectora, casi rechazó al bebé nada más nacer. (A los dieciséis, la edad cuando normalmente habría dado a luz a su primera cría, ya tenía tres hijos y una nieta). Los Owens consiguieron seguirla (la llamaban Gift [Don]) lo suficiente como para observar el nacimiento de nuevos retoños. Con el crecimiento del grupo, Gift se convirtió en una matriarca y mejoró

en el cuidado de los demás. Aún así, el trastorno social es devastador en los grupos familiares y en la especie en general.

§. Comunicación entre elefantes

Los elefantes emplean una variedad de chillidos, gorjeos, sonidos de trompeta, barritos, bramidos, rugidos y murmullos para comunicarse, usando más de 200 sonidos diferentes, incluyendo algunos infrasonidos que son demasiado bajos para que los oigan los humanos. Las llamadas graves y resonantes que hacen los elefantes pueden ser oídas por otros animales hasta una distancia de ocho kilómetros, y estos sonidos de larga distancia pueden ser la manera en la que las hembras hacen saber a los machos que están listas. (Las hembras pueden quedarse preñadas tan solo unos pocos días al año, de modo que estar en el momento adecuado es extremadamente importante).

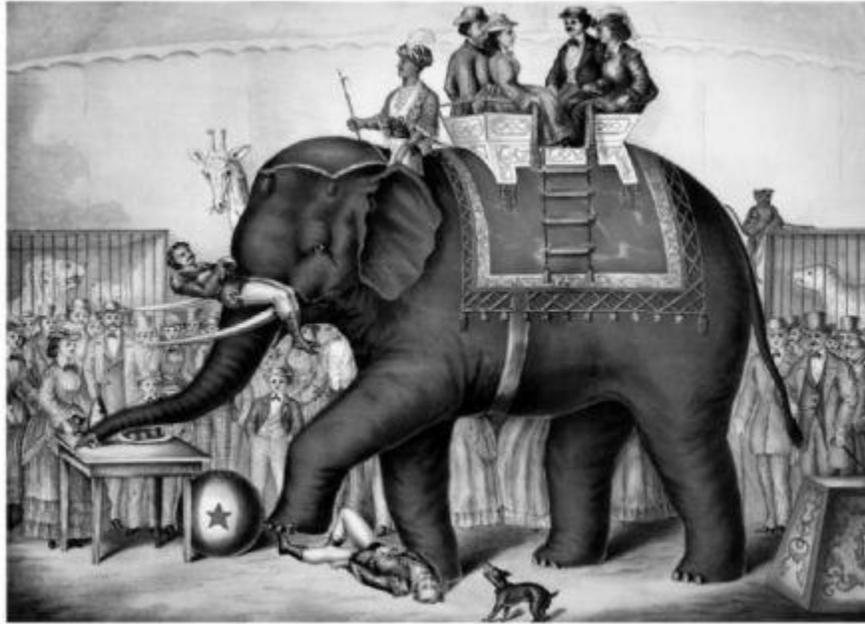
Es interesante que los gruñidos con el estómago, que pueden oír otros elefantes, son un sonido de bienvenida que parece significar: «todo está bien». Los científicos también han podido documentar la habilidad de los elefantes para imitar otros sonidos, lo cual podría explicar el rango de ruidos que realizan. Dos elefantes que vivían en cautividad demostraron ser capaces de aprender nuevos sonidos. Uno de ellos era un elefante africano huérfano que estaba siendo criado en un orfanato de Kenia. La cerca donde los elefantes pasaban la noche estaba a tres kilómetros de la carretera entre Nairobi y Mombasa, y cada tarde la hembra adolescente realizaba una llamada que imitaba el sonido de los camiones y del tráfico.

Otro caso en un zoo de Suiza donde un elefante africano de veintitrés años vivía con dos elefantes asiáticos. Con el tiempo llegó a imitar las alegres llamadas típicas de los elefantes asiáticos.

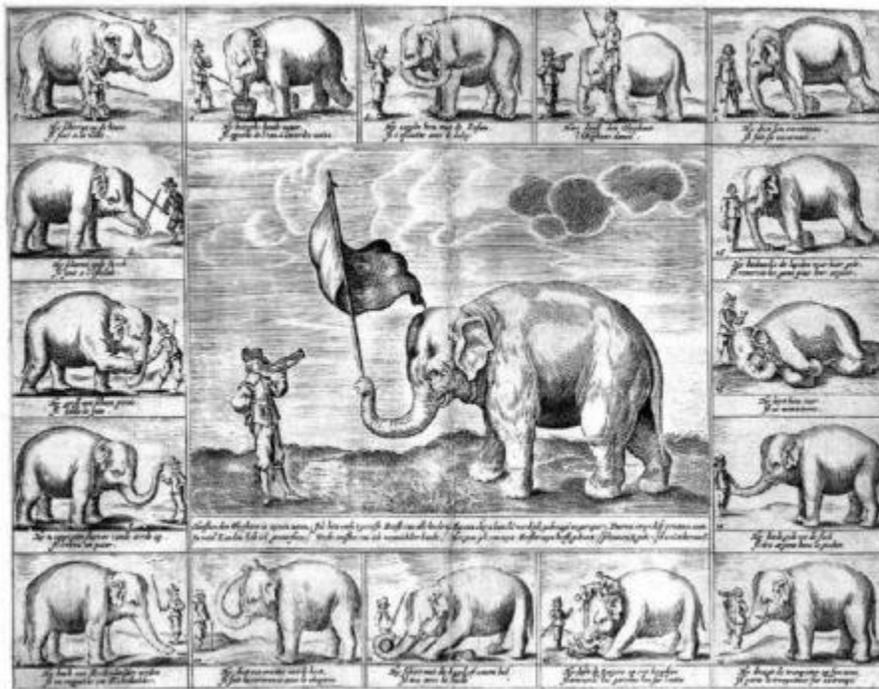
§. Domesticación de los elefantes

Puede que la India haya sido el primer país que domesticó elefantes. Los elefantes han sido usados para labores pesadas (arrancar árboles y mover troncos) en safaris, y como monturas ceremoniales en guerras. Los elefantes asiáticos son más fáciles de domesticar que los africanos. Los machos, sin embargo, no son tan fáciles de domar porque periódicamente entran en un estado conocido como *must*, en el que son difíciles de controlar. Las hembras son más fáciles pero los guerreros pronto descubrieron que no eran muy útiles en las batallas pues corrían al encontrarse con un elefante macho.

Aníbal, el general cartaginense, llevó elefantes a través de los Alpes en su lucha contra los romanos. Debido a que nunca era fácil domesticar a un gran número de elefantes, los ejércitos a menudo reservaban sus elefantes y solo los usaban en batallas muy importantes. Estas grandes bestias ofrecían gran confianza a los guerreros que los poseían, inspiraban gran temor en los enemigos y a menudo aterrorizaban a los caballos o a los camellos de los contrincantes.



Los elefantes maravillaban con su destreza a todos los que presenciaban las funciones circenses.



Esquema con los ejercicios básicos que puede realizar un elefante durante su entrenamiento.

En algunas culturas, los elefantes estaban equipados con temibles cabezales y armaduras de metal. Se ataban lanzas a los colmillos para incrementar el daño que podían ocasionar al cargar. A veces un elefante avanzaba únicamente con su entrenador (mahout, normalmente de India); en otras ocasiones, transportaba a varios soldados. A veces se montaba sobre su espalda una torre o castillete (llamado *howdah*) con una tripulación de tres soldados con flechas y grandes lanzas. Hasta que se introdujo la pólvora en el siglo quince e hizo más fácil abatir a los elefantes, estos enormes animales fueron el equivalente al tanque acorazado. Podían usarse para penetrar obstáculos y sin duda conseguían aterrorizar a todos a su paso. También se usaban como verdugos y se les enseñaba a aplastar al condenado con sus patas.

El primer elefante domesticado que llegó a los Estados Unidos era un elefante de dos años traído a Nueva York por el capitán Jacob Crowninshield en 1796. Compró el animal en la India, y una vez en los Estados Unidos lo enseñó por todo el país como «la mayor curiosidad natural jamás presentada al público». La gente pagaba veinticinco y cincuenta centavos por verlo.

En fecha tan tardía como la Primera Guerra Mundial, los elefantes aún se usaban para tirar del equipamiento pesado.

§. Enemigos

Los elefantes tienen pocos enemigos naturales. Los cocodrilos y los leones pueden depredar elefantes jóvenes o débiles, pero de otro

modo, es la caza furtiva la que ha llevado al elefante africano al borde de la extinción. En 1970 había 2.000.000 de elefantes africanos; en 2000 entre 400.000 y 600.000. Los elefantes asiáticos se crían bastante bien en cautividad, de modo que su número ha permanecido más estable.

Desafortunadamente, los elefantes han sido cazados sin descanso por sus colmillos.

Los cazadores han de matar al elefante porque un tercio del colmillo está dentro de la cabeza. Para maximizar el valor en una tierra de pobreza, los furtivos intentan conseguir todo lo que pueden.





El ejemplar «Hallie» realizando una demostración de sus habilidades junto a su entrenador Bill Snyder.

§. ¿Qué se está haciendo para proteger a los elefantes?

El colmillo es una herramienta importante para el elefante pues lo usa para luchar, para arrancar vegetación, y para escarbar en el suelo en busca de minerales necesarios. (Como otros herbívoros, los elefantes lamen minerales naturales y consumen cierta cantidad de suelo; los científicos creen que lo hacen sobre todo cuando tienen que incrementar su cantidad de sodio). Desafortunadamente, la anatomía del elefante se ha visto afectada por la caza furtiva.

Al matar solamente elefantes con colmillos ha habido más posibilidades para que los elefantes con colmillos pequeños o sin colmillos se apareen. (Solo los elefantes machos asiáticos tienen colmillos; las hembras tienen «tushes», segundos incisivos que salen del labio superior). Los elefantes sin colmillos solían ser una

anormalidad genética inusual. Sin embargo, en algunas poblaciones de elefantes africanos casi el 30 por ciento de los animales carecen de colmillos, en comparación con el uno por ciento en 1930. Se está convirtiendo en una característica hereditaria (una evidente demostración del cambio evolutivo por la selección natural). Aunque este tipo de cambios normalmente requieren miles de años de evolución, parece estar ocurriendo a mayor velocidad en el caso de los elefantes. Sin colmillos, los elefantes probablemente tengan que cambiar también sus hábitos.

El elefante es ahora un animal protegido, y hace más de veinte años la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES) prohibió la venta de marfil a partir de 1989. Las poblaciones de elefantes comenzaron a recuperarse pero, en 1997, se permitió que tres países retomaran el comercio, vendiendo marfil incautado a cazadores furtivos. Aunque el dinero de estas ganancias va a parar a una fundación que ayuda a los elefantes y a las reservas de elefantes, otros creen que ha conducido a un renovado interés en la caza furtiva.

Internet puede desbaratar los progresos realizados

A pesar de la prohibición en el comercio de marfil, es muy difícil luchar contra el comercio de la vida salvaje. En agosto de 2005, el Fondo Internacional para el Bienestar de los Animales en Yarmouth Port, Massachusetts, informó que ha encontrado a la venta en Internet más de 6.000 objetos de vida salvaje potencialmente ilegales, incluyendo una

escultura hecha con hueso de elefante por valor de 18.000 dólares.

Las especies amenazadas están cubiertas por un complejo entramado de leyes y tratados locales, estatales, federales e internacionales, que incluyen una serie de excepciones, haciendo muy complicado aplicar las políticas. Aún más, el Fish and Wildlife Service, organismo gubernamental responsable de hacer cumplir la mayoría de las leyes federales de protección animal, solo tiene 219 agentes. Para detener la actividad en Internet, los agentes a menudo incautan ordenadores y buscan cuidadosamente en páginas y páginas de correos electrónicos para documentar el comercio ilegal.

Los defensores de los derechos de los animales dicen que páginas como eBay y Overstock.com ayudan vigilando cuidadosamente lo que se vende, y quizá esto sirva para controlar las actividades ilegales. Mientras tanto, todos podemos aportar nuestro granito de arena teniendo en mente que comprar joyas de marfil o pieles de animales u objetos hechos de partes de animales es mantener vivo el comercio ilegal.

En un esfuerzo por entender mejor a los elefantes y así salvarlos, los científicos, junto al Proyecto de Investigación de Elefantes en el parque Amboseli, Kenia, están etiquetando elefantes con receptores GPS para rastrear a estos animales.

En India los científicos han estado trabajando para evitar la fragmentación de los hábitats. Si los elefantes no pueden moverse libremente, se reduce su habilidad para encontrar comida y se promueve la endogamia, algo que no es bueno para ninguna especie. Los científicos están intentando dejar «camino» de 30 kilómetros para que los elefantes se puedan mover de hábitat en hábitat. El Dr. Raman Sukumar, ecologista y director del Centro de Investigación del Elefante Asiático en Bangalore, India, que recientemente recibió un prestigioso premio por parte del Wildlife Trust por su trabajo en el estudio del elefante asiático, señaló durante un almuerzo celebrado por esta organización en mayo de 2005: «Salvando a los elefantes nos salvamos a nosotros mismos».

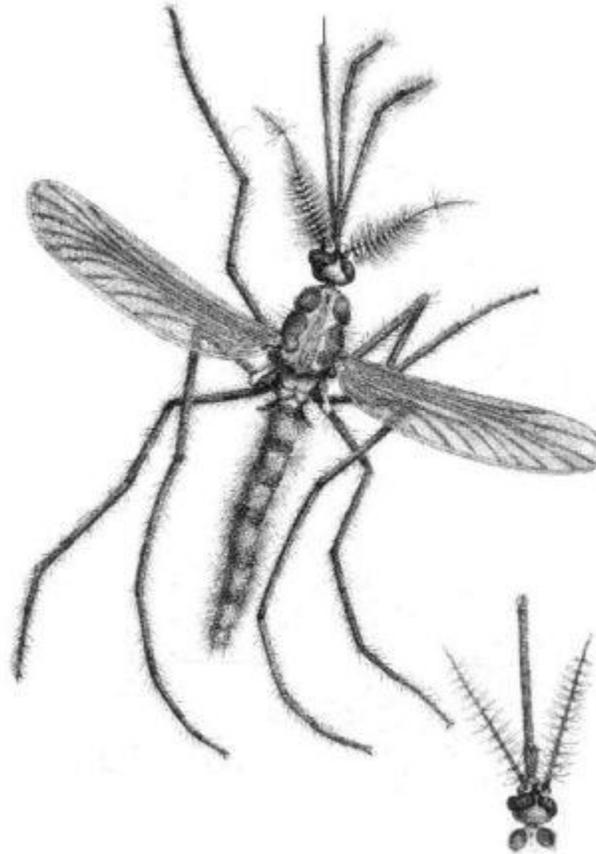
Si somos capaces de mantener la biodiversidad necesaria para mantener vivos a los elefantes, conseguiremos también salvar nuestro mundo. El medioambiente necesario para que existan elefantes sanos es el mismo que necesitan otras plantas, animales y la humanidad.



La caza furtiva ha llevado al elefante africano al borde de la extinción. En 1970 había 2.000.000 de elefantes africanos; en 2000 entre 400.000 y 600.000.

Capítulo 5

Mosquitos



*Jan Swammerdam (1637-1680) se convirtió en uno de los naturalistas holandeses más célebres. Abrazó con entusiasmo la nueva tecnología del microscopio, volviendo la atención sobre seres que anteriormente se consideraban insignificantes. En 1658, se convirtió en el primero en observar los glóbulos rojos, sin embargo, fue su amor por la entomología que le valió su mayor reconocimiento. Aunque se formó como médico, Swammerdam dedicó gran parte de su energía al estudio de la anatomía y la fisiología de los insectos. Su *Historia insectorum generalis* fue uno de los primeros tratados que estudiaron a fondo el tema, y fue muy importante para demostrar la*

continuidad del individuo a través de la metamorfosis, como un asalto a la antigua teoría de la generación espontánea. En la ilustración aparece la representación de un mosquito visto bajo la lupa.

Contenido:

§. *Molesta plaga y enemigo mortal*

§. *El mosquito*

§. *Por qué deberíamos preocuparnos*

§. *La importancia de estar «en guardia»*

§. *Lo que debe recordar nuestra conciencia global*

§. *La tecnología contra el poderoso mosquito*

§. Molesta plaga y enemigo mortal

En el otoño de 1999 se fueron revelando poco a poco como un serial en la página principal de los periódicos de Nueva York, los hechos sobre un misterio médico relacionado con una nueva enfermedad transmitida por los mosquitos. En el área murieron grandes cantidades de aves, y algunas personas (ancianos en su mayoría) enfermaron, incluso llegaron a morir. Los especialistas médicos del Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC), el Instituto de Investigación Médica de Enfermedades Infecciosas del Ejército de los EE.UU., y una patóloga en el Zoo del Bronx trabajaron para desentrañar el misterio.

Cuando contactaron por primera vez con el CDC sobre las muertes humanas en el área de la ciudad de Nueva York, originalmente

compararon las muestras con enfermedades conocidas en los Estados Unidos. Se encontró una casi total coincidencia con la encefalitis de San Louis, una enfermedad causada por mosquitos que aparece en los Estados Unidos de tiempo en tiempo. Sin embargo, la Dra. Tracey S. McNamara, directora de patología de la Sociedad para la Conservación de la Naturaleza (Zoo del Bronx), cuanto más pensaba en ello más desconcertada se sentía. Poco antes de estas muertes, había notado que estaban muriendo un número inusual de aves dentro y en los alrededores del zoológico. Los informes de comunidades vecinas sobre muertes de cuervos hicieron que comenzase a pensar que la coincidencia entre las muertes de los pájaros y de los humanos era demasiado evidente como para ignorarla.



Larvas de mosquito del género Culex (vector de la enfermedad del Virus del Nilo Occidental) en su fase acuática. Las larvas forman grupos densos en el agua estancada. Un cambio en el comportamiento alimentario de los mosquitos ayuda a explicar la creciente incidencia del virus del Nilo occidental en América del Norte.

La estructura más oscura en la parte superior central de la imagen es una pupa, un estado más desarrollado de su ciclo vital. Fotografía de James Gathany, CDC.

Tras realizar pruebas en muestras de aves en el Laboratorio Nacional de Servicios Veterinarios en Ames, Iowa, y tras convencer al laboratorio del ejército para que realizara algunas pruebas más, la Dra. McNamara acudió al CDC con los datos específicos. No era la encefalitis de San Louis como se había pensado originalmente; se trataba de un virus que nunca antes se había visto en el hemisferio occidental: el virus del Nilo Occidental.

A fecha de 2005, los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades han contabilizado más de 16.600 casos humanos y 654 muertes en el país. Aunque originalmente se pensó que la enfermedad solo sería muy suave en la mayoría de los afectados, el CDC informa ahora de que en 2004, casi un tercio de los casos de Nilo Occidental tuvieron complicaciones neurológicas (encefalitis o meningitis). Algunos pacientes sufrieron una parálisis parecida a la de la polio o debilidad severa de los músculos. Un estudio de 2004 realizado por el departamento de sanidad de Chicago se encontró que casi la mitad de las personas que habían contraído el Nilo Occidental estuvieron tan enfermas como para no ir al colegio o al trabajo durante diez días y sufrieron una fatiga que duró un mes. El tiempo medio para volver a la normalidad era de sesenta días.

Todo esto causado por una enfermedad transmitida por los mosquitos que apareció por primera vez en Uganda en 1937 y que nunca se había visto en los EE.UU. antes de 1999.

Más allá de ser un incordio estacional, los mosquitos transmiten docenas de enfermedades devastadoras, y estos insectos de hecho son más que una molestia cuando se va al campo. En una época en la que la comunidad médica ha conseguido erradicar por completo la viruela, parece increíble que un diminuto insecto pueda ser tan efectivo para hacer enfermar a la población —y el Nilo Occidental es solo una parte de la historia del mosquito—. Según la Organización Mundial de la Salud, unos 500 millones de personas son infectadas con enfermedades transmitidas por mosquitos cada año (malaria, dengue, fiebre amarilla y diversas formas de encefalitis, incluyendo el Nilo Occidental), y más de 2,5 millones mueren, muchos de ellos niños.

§. El mosquito

Los insectos han estado aquí desde hace 400 millones de años y con el tiempo se han diversificado en unas 5 millones de especies, empequeñeciendo la diversidad de todos los otros animales juntos. Sobrevivieron bien a las extinciones en masa que afectaron a los dinosaurios y a los reptiles marinos hace 65 millones de años. Los científicos informan de que hoy hay unas 2700 especies de mosquito, y están dispuestas en unos 34 géneros.

Todos conocemos básicamente el aspecto de un mosquito, pero lo que probablemente no sepáis es que los mosquitos pesan 2,5

miligramos y pueden volar a una media de 2,5 kilómetros por hora. (Hace millones de años, los mosquitos tenían tres veces el tamaño actual). Los mosquitos tienen dos lóbulos vibratorios sobre unos pequeños tallos que les sobresalen del cuerpo como alfileres detrás de cada ala. Son conocidos como balancines, y ayudan a que el mosquito se equilibre durante el vuelo.

Para encontrar a sus víctimas, las antenas del mosquito tienen miles de vellos que perciben la humedad, el ácido láctico, el dióxido de carbono, el calor corporal y el movimiento. El mosquito que pica siempre es hembra; solo las hembras se alimentan de sangre. Una vez que pican, la sangre acciona la actividad ovárica, y tras unos pocos segundos la sangre habrá permitido que ponga varios cientos de huevos. (Los mosquitos pueden poner sus huevos casi en cualquier lugar donde encuentren unos centímetros de agua estancada). Unas semanas más tarde, los huevos se abren. No te preguntes si los padres mosquitos se preocupan de sus crías: dos o tres días más tarde, los «bebés» son ya mosquitos adultos.

Aunque siempre se nos ha enseñado que hay que respetar a la naturaleza porque los insectos «hacen una labor importante», esto no es verdad en el caso de los mosquitos. No polinizan plantas, no airean el suelo, y no diseminan las semillas, tampoco son hermosos. Baste decir que los mosquitos no tienen virtudes redentoras. Existen como un «milagro de la naturaleza» y para fabricar más mosquitos. ¡Pam! ¡Pam!



Trabajan mientras duermes en Nome, Alaska. Aunque esta viñeta se ríe del tamaño y la abundancia de los mosquitos en Nome, Alaska, el papel de los insectos como transmisores de enfermedades no es nada gracioso. Fuente: Library of Congress

§. Por qué deberíamos preocuparnos

Arbovirus es el término utilizado para describir virus transmitidos por artrópodos: virus que son transmitidos a aves y a huéspedes vertebrados (animales con espina dorsal) por insectos que se alimentan de sangre como los mosquitos. (Los artrópodos son invertebrados, como los insectos, arañas y crustáceos, que tienen cuerpos segmentados y apéndices articulados). Las enfermedades transmitidas por los mosquitos se extienden en parte porque estamos reduciendo sus hábitats, y en parte por el calentamiento del planeta —los mosquitos portadores de enfermedades pueden

moverse a zonas templadas que antes eran demasiado frías para ellos.

Aunque nadie afirma haber localizado el primer mosquito que llegó a los Estados Unidos portando el Nilo Occidental, sí se sabe cómo el Nilo Occidental —y otros arbovirus— viajan alrededor del globo. Un descubrimiento bastante sorprendente a partir de un estudio de 1987 es que el mosquito puede sobrevivir en los compartimentos de las ruedas de los aviones que viajan miles de kilómetros entre zonas tropicales y templadas. Aunque «viajar en avión» es una de las formas en las que los mosquitos portadores de enfermedades realizan los saltos transcontinentales, también está el método probado de muerde y sal corriendo (el insecto muerde a un huésped y huye, pero el huésped transporta la enfermedad cuando viaja a otra parte del mundo), y los arbovirus se benefician de nuestra sociedad móvil.

Los arbovirus necesitan un huésped (normalmente un pájaro o un pequeño mamífero) en el que mantenerse, y un vector, tal como un mosquito, para infectar otros organismos. Los mosquitos hembra pueden ingerir un virus de un huésped infectado y más tarde pasar la infección por medio de la saliva cuando muerden a otro animal. Si recordamos que en cada país hay muchas clases de mosquitos, tendremos una imagen clara de cómo una infección puede extenderse a través de diversos continentes.

Un hombre de negocios que se encuentra en Venezuela para una reunión, decide dar un paseo por la tarde. Mientras pasea, le muerde un mosquito *Aedes aegypti*. Al día siguiente termina su

trabajo y vuelve a Arizona. Durante el fin de semana no se siente muy bien, pero viene su familia a hacer una barbacoa, de modo que está fuera preparado para hacer hamburguesas cuando es picado por un mosquito de Arizona que recoge el virus del dengue y comienza un ciclo que hará que se extienda por la zona.

§. La importancia de estar «en guardia»

La llegada de una enfermedad que nunca antes había sido vista en el hemisferio occidental tuvo como resultado que la gente de los Estados Unidos se concienciara de la necesidad de estar en guardia ante otras enfermedades transmitidas por los mosquitos. Estas son algunas de ellas:

Dengue

El dengue es por norma general una enfermedad tropical que provoca fiebres, dolores de cabeza, dolor de articulaciones bastante severo, erupciones y, en forma más aguda, hemorragias.

Los peligros del DDT son tan graves que nadie desea que vuelva; sin embargo, durante el tiempo en el que se usó hubo algunos beneficios. El dengue fue casi erradicado, y en los 50, la OMS contabilizaba menos de 1000 casos al año de la variedad hemorrágica mortal. Entonces se quitó el DDT del mercado (véase el capítulo 15) y volvió el mosquito con su venganza. Como resultado, el dengue ha pasado de ser un tema zanjado a uno candente, con un aumento del 400 por cien desde los 70. En 2000 hubo más de 500 000 casos en todo el mundo. En los Estados Unidos, el principal portador del dengue es el mosquito *Aedes aegypti*, y la

enfermedad ha sido ya diagnosticada en once estados desde Arizona a Carolina del Norte.

Encefalitis equina del este

La encefalitis equina del este aparece cíclicamente en los Estados Unidos. El virus pasó de los mosquitos a las aves y después de las aves a los mosquitos y a los humanos. La EEE es la clase más seria de encefalitis, una inflamación del cerebro que no puede ser tratada. Es mortal entre el 50 y el 75 por ciento de los casos.

Fiebre del valle del Rift

La fiebre del valle del Rift aún no ha llegado a los Estados Unidos. La mayoría de los que la sufren tienen síntomas parecidos a la gripe y pueden desarrollar problemas serios en los ojos, hígado y riñones. En los años 30, esta enfermedad mató a diez mil ovejas y se extendió entre los humanos. En Arabia Saudí, en 2000, la fiebre mató a unas 100 personas y enfermaron otras 800.

§. Lo que debe recordar nuestra conciencia global

Mientras que en los Estados Unidos se preocupan con el Nilo Occidental o la gripe aviar, lo que a veces no reconocemos es el número de infecciones recurrentes que cada año se cobran un alto número de víctimas en países menos desarrollados. Por ejemplo, la tuberculosis mata a unos 2 millones de personas cada año, y aproximadamente el 40 por ciento de la población mundial está en peligro de malaria, una enfermedad portada por los mosquitos que

causa 300 millones de enfermedades graves y al menos 1.000.000 de muertes al año. (Estos datos empequeñecen la gripe estacional, que puede causar unos 5 millones de casos graves y se cobra entre 250.000 y 500.000 muertes al año). Impone un coste económico de 12 mil millones de dólares en el África subsahariana, la región más duramente castigada.

La malaria se conoce como «fiebre recidiva», por la forma en la que el virus se desarrolla. (La palabra *malaria* viene del italiano «mal aire», porque se solía pensar que esta enfermedad era causada por el aire de ciénagas y marismas). Está causada por un protozoo parasítico que causa fiebre, temblores, dolor de articulaciones, vómitos, anemia (causada por la destrucción de glóbulos rojos) y convulsiones.

La infección se extiende cuando el microbio entra en su huésped por la saliva llena de parásitos del mosquito *Anopheles* hembra. Minutos después de que inserte su probóscide, los organismos se liberan y viajan por la sangre del huésped hasta el hígado, donde se multiplican. De siete a diez días más tarde, entre 10.000 y 30.000 individuos vuelven al torrente sanguíneo, cada uno listo para asolar un glóbulo rojo y chupar hemoglobina para causar el nacimiento de otros 10-20 vástagos por célula. Cuarenta y ocho horas más tarde, ocurre la siguiente fase de la enfermedad: las famosas fiebres y escalofríos de la malaria. El ciclo de transmisión se sostiene cuando un nuevo mosquito muerde a una persona enferma extendiendo la enfermedad.

Algunas personas tienen mutaciones genéticas que obstaculizan la habilidad del parásito para crecer dentro de las células sanguíneas, y por esta razón no enferman, o no enferman de manera tan grave. Los niños muy jóvenes tienen más probabilidades de morir ya que no han construido aún inmunidad alguna.

Entre los métodos efectivos de prevención está el rociar con insecticida las paredes interiores y cubrir a los niños mientras duermen con redes tratadas con insecticida anti-mosquitos. También se pueden usar medicinas para tratar la enfermedad. Durante muchos años, algunas medicinas anti-malaria como la cloroquina eran muy efectivas, sin embargo, hoy en día, debido al exceso de uso, han perdido efectividad. Ahora se necesita una combinación de fármacos más cara; cuyo ingrediente principal es la artemisinina, un extracto de planta.

Agencias de salud internacionales lanzaron la campaña Roll Back Malaria en 1998, con la intención de reducir a la mitad las muertes por malaria para el año 2010. El progreso, sin embargo, ha sido lento. La Fundación Gates ha dado un paso adelante y ha concedido grandes sumas de dinero al Fondo Global por la Lucha contra el Sida, la Tuberculosis y la Malaria. Zambia ha sido el principal foco de la ayuda de Gates. En Zambia, mueren 30 000 personas al año y el objetivo es reducir en un 75 por ciento las muertes por malaria. La fundación comprobó que el gobierno zambiano hacía lo correcto pero que carecía de fondos para llevar a cabo sus planes.

§. La tecnología contra el poderoso mosquito

A finales de noviembre de 2005, una compañía biotecnológica anunció que había creado una red «inteligente» contra los mosquitos, una tecnología sin cables que podría matar a los mosquitos.

Si te gustan las matemáticas, puedes luchar contra la malaria

Gracias a estudios llevados a cabo en países afectados por la malaria, los científicos han determinado que el 20 por ciento de los niños tienen un 80 por ciento de exposición a mosquitos de la malaria. Los investigadores creen que si creásemos un modelo matemático basado en estos datos podríamos controlar la mortal enfermedad.

Algunas personas son mordidas con más frecuencia que otras porque viven en lugares donde hay muchos mosquitos o porque los mosquitos las encuentran más atractivas, y aquellos que son mordidos más a menudo juegan un papel fundamental en la transmisión de la malaria, al igual que los más activos sexualmente juegan un papel muy importante en la transmisión de ITS. En otras palabras, el mayor peso de la enfermedad es portado por una minoría de personas. (Aquellos que son inmunes pueden ser portadores). El desafío es identificar a los que sufren picaduras con mayor frecuencia.

Se espera que centrándonos en un pequeño número de personas que son picadas más a menudo, los científicos

puedan reducir el número de portadores asintomáticos, bajar el índice de parásitos entre los mosquitos y, finalmente, reducir la transmisión general entre la población.

La descripción de la máquina es como sigue: «Emite una fórmula inodora que combina dióxido de carbono, humedad, calor y un atrayente de corto rango llamado *octenol*, y cada imán, que funciona 24 horas al día con propano o electricidad, atrae insectos que están incluso a cien metros». (Stefanie Olsen, «Wi-Fi Mosquito Killer Coming to a Porch Near you», CNET News.com, 21 de noviembre de 2005). Funciona como una aspiradora que deshidrata a los mosquitos y luego los mata. Los servidores de la compañía biotecnológica están programados para que reciban información sobre el estado de los mosquitos y que el equipo se apague durante las tormentas, o si el viento es lo suficientemente fuerte para alejar los mosquitos hacia otra área.

A pesar de la cantidad de tiempo y esfuerzo que se han gastado en crear esta mágica máquina contra los mosquitos, un profesor de entomología dice que lo que realmente funciona es echar aceite inocuo en los charcos para que las larvas se ahoguen. El profesor señala: «Se gana la guerra reduciendo el número de soldados» (Olsen).



Un operario fumigando con queroseno contra las larvas de mosquito. El aceite de queroseno se rociaba en los estanques y en las zanjas llenas de agua para eliminar los mosquitos portadores de malaria (Paludismo). La hembra del mosquito Anopheles es la portadora de los esporozoítos del Plasmodium. Panamá 1912.

PARTE II

Descubrimientos científicos que han cambiado nuestras vidas



«Es terrible pensar que la vida esté a merced de la multiplicación de estos cuerpos diminutos, es una esperanza consoladora que la ciencia no siempre estará indefensa ante tales enemigos». Louis Pasteur, conferencia dada ante la Academia Francesa de las Ciencias el 29 de abril de 1878.

Capítulo 6

Cómo llegamos a saber por qué enfermamos



Pasteur y Mechnikov, con los niños curados de la rabia.

Contenido:

- §. El origen de la teoría de los gérmenes*
- §. Primeras ideas sobre las enfermedades*
- §. Primeros avistamientos de las bacterias*
- §. De las ranas a los gérmenes: el mito de la generación espontánea*
- §. Pasteur consiguió algo más que la pasteurización*
- §. El poder curativo de la limpieza*
- §. Otros desarrollos importantes*
- §. Lo que estamos aprendiendo ahora*

§. El origen de la teoría de los gérmenes

En el mundo actual, incluso los niños saben que enfermamos debido a los gérmenes. Los que van a la escuela con un fuerte resfriado saben que se lo pueden transmitir a cualquiera. El

conocimiento de los gérmenes también ha mejorado los tratamientos. Además del viejo remedio de «quédate en casa y cuídate», tenemos dos avenidas médicas para combatir las enfermedades: los antibióticos contra las enfermedades bacterianas, y las vacunas para prevenir algunas enfermedades (la varicela, las paperas, la gripe, etc...)

Debido a que nuestro conocimiento sobre las enfermedades es tan grande, es difícil imaginarse que hace tan solo 150 años, la gente no tenía la menor idea de qué era lo que los enfermaba. Hasta la década de 1860 y el descubrimiento de los gérmenes por Louis Pasteur la raza humana no supo cuál era el causante de las enfermedades.

El descubrimiento de Pasteur causó un gran giro en el campo de la medicina. Una vez que se identificaron los gérmenes, se crearon vacunas y se aplicaron tratamientos. Su descubrimiento también causó una gran mejora en la salud pública de Europa.

§. Primeras ideas sobre las enfermedades

En la antigüedad la gente creía saber por qué enfermábamos. Los egipcios creían que tenía que ver con los «canales» del cuerpo, y los griegos y romanos pensaban que toda persona está compuesta por cuatro humores; cuando alguien enfermaba se debía a que estos humores estaban desequilibrados. En el 400 a. C. el médico griego Hipócrates (famoso por el juramento hipocrático) adelantó la teoría de que la enfermedad era producida por gases malolientes. Bien entrado el siglo XIX los médicos aún creían que las miasmas, gases

que surgen de las alcantarillas, ciénagas, estercoleros, o tumbas abiertas eran venenosas y causaban enfermedades.

Los tratamientos se hacían en gran medida a tientas antes de que los gérmenes fueran descubiertos. Los doctores a menudo usaban sanguijuelas para sangrar a los pacientes, y los laxantes, el opio, la menta y el brandy eran considerados como curas. Aunque algunas hierbas medicinales se han ganado el favor hoy en día, ahora se sabe que muchas de las medicinas que se usaban en el pasado (el mercurio entre ellas) son venenosas y causan daños graves, en algunos casos incluso la muerte.

§. Primeros avistamientos de las bacterias

Como siempre, importantes descubrimientos precedieron a los científicos que consiguieron realizar el descubrimiento definitivo. Aunque los microscopios fueron inventados a finales del siglo XVI, fue un comerciante de telas holandés el que descubrió las bacterias. Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) fue un científico peculiar. Era un comerciante nacido en una familia de comerciantes, vivió en Delft, Holanda, y aunque trabajaba como vendedor de telas, era una persona tremendamente curiosa y tenía un entretenimiento que le ocupaba todo su tiempo libre. Estaba fascinado con aquello que estaba más allá de lo que se podía ver a simple vista. Pulía sus propias lentes y fabricó más de quinientos microscopios. Aunque eran herramientas muy simples en comparación con las actuales, Leeuwenhoek fue capaz de crear un microscopio más poderoso que los creados por Robert Hooke en Inglaterra y Jan Swammerdam en

Holanda que magnificaban los objetos solo por 20 ó 30. La destreza de Leeuwenhoek para pulir, su precisa visión, y su intuición para entender cómo hacer que la luz incidiera directamente sobre el objeto, le permitió crear microscopios que aumentaban 200 veces el tamaño de las cosas.

Leeuwenhoek estudió tejidos de animales y plantas así como cristales y fósiles; fue el primero en ver animales microscópicos como los nematodos (gusanos redondos) y rotíferos (animales pluricelulares que tienen un disco en un extremo con círculos de fuertes cilios que a menudo parecen ruedas giratorias), así como células sanguíneas y espermatozoides vivos. Leeuwenhoek realizó precisas descripciones de lo que veía, y contrató a un ilustrador para que dibujara lo que veía. Comenzó a enviar la información a la Royal Society de Londres, y debido a sus meticulosos esfuerzos —así como por sus descubrimientos únicos— esta sociedad superó la preferencia que tenía por el trabajo de científicos acreditados y reconoció el mérito del trabajo de este comerciante de telas. Hicieron que se tradujeran sus descripciones del holandés al inglés o al latín y sus descubrimientos fueron regularmente publicados por la Royal Society.

Los pequeños animálculos en la placa dental

En 1683, Leeuwenhoek escribió a la Royal Society sobre sus observaciones del contenido de la placa dental. (En aquellos días, no se lavaban los dientes con frecuencia —si es que lo hacían en alguna ocasión— pues nadie creía que fuese

aconsejable tener los dientes limpios).

Escribió:

Entonces casi siempre vi, con gran maravillamiento, que en la citada materia había diminutos animálculos vivos que se movían con rapidez. El más grande... tenía unos movimientos fuertes y rápidos y avanzaba por el agua (o baba) como un lucio por el agua. La segunda clase... a menudo giraba como una corona... y eran mucho mayores en número. (Brian J. Ford y Al Shinn, Antony Van Leeuwenhoek, University of California, Museo de Paleontología,

www.ucmp.berkeley.edu/history/leeuwenhoek.html 16 de noviembre de 2005)

En la boca de uno de los viejos cuya placa estudiaba, Leeuwenhoek encontró «una increíble cantidad de animálculos vivos, nadando con mayor destreza que cualquiera que haya visto hasta ahora. Los de mayor tamaño... curvaban el cuerpo para avanzar... Aún más, había tal número de los otros animálculos, que toda el agua... parecía estar llena de vida» (Ford y Shinn).

Estas son unas de las primeras observaciones de bacterias vivas de las que tenemos noticia.

§. De las ranas a los gérmenes: el mito de la generación espontánea

Antes de Pasteur, se creía que la sorprendente aparición de organismos vivos allí donde antes no había nada era debido a la «generación espontánea». Por ejemplo, cuando el río Nilo en Egipto se desbordaba cada primavera, las orillas se cubrían de un barro rico en nutrientes y pronto esta tierra fértil a lo largo del borde del agua se llenaba de ranas. Los egipcios concluyeron que el barro daba a luz a las ranas. Siglos más tarde, los granjeros medievales europeos solían guardar el grano en graneros con tejados de paja llenos goteras por lo que el grano se enmohecía. Siempre había ratones merodeando estos lugares, por lo que se creía que los ratones nacían del grano mohoso.

Debido a que los microscopios no se inventaron hasta el siglo XVII e incluso entonces no eran muy potentes, los científicos no podían siquiera imaginar algo que era invisible a simple vista. Para ellos, la generación espontánea de los organismos vivos a partir de lo inerte era la única explicación que tenía sentido.

A principios del siglo XIX, la idea de la generación espontánea fue puesta en tela de juicio. Algunos defendían que los grandes organismos no se generaban espontáneamente, pero que este era el caso en los más pequeños. Debido a que el asunto generaba tanta controversia, la Academia de las Ciencias de París ofreció un premio a cualquier experimento que ayudase a resolver el conflicto. En 1864 el premio fue concedido a Louis Pasteur por unos experimentos que probaron de manera definitiva que los microorganismos están presentes en el aire pero que el aire no puede generar de manera espontánea microorganismos.

§. Pasteur consiguió algo más que la pasteurización

Louis Pasteur (1822-1895) nació en Jura, Francia. Mientras se preparaba para ser profesor en una escuela establecida en París por el emperador Napoleón III, mostró aptitudes para la química. Aunque finalmente llegó a ser profesor de la Universidad de Estrasburgo, su trabajo con mohos y sus estudios con cristales llegó a oídos de Napoleón, quien le pidió que tratara de ayudar a la industria vinícola francesa que estaba pasando por problemas. Tras estudiar el proceso de fermentación, Pasteur finalmente descubrió que si se calentaba el vino a 55 grados Celsius durante varios minutos, los microorganismos que había en él morían y el vino no se echaba a perder —un proceso que conocemos como *pasteurización*. A partir de este trabajo, Pasteur pudo demostrar que la descomposición de la materia orgánica se debía a los gérmenes — que ahora conocemos como microbios— que flotaban en el aire. Finalmente, Pasteur consiguió demostrar mediante experimentos que los organismos microscópicos pueden causar enfermedades.

El microbiólogo alemán Robert Koch trabajó a partir de esta información y estableció tres leyes (1883) que explicaban las causas de las enfermedades. Los postulados de Koch han sido usados desde entonces para determinar si un organismo causa enfermedades:

1. El germen sospechoso ha de ser asociado sistemáticamente con la enfermedad.

2. Ha de ser aislado de la persona enferma y cultivado en el laboratorio.
3. La inoculación experimental con el organismo ha de causar la aparición de los síntomas de la enfermedad.

En 1905 se añadió una cuarta regla:

4. Los organismos han de ser aislados de nuevo de la infección experimental

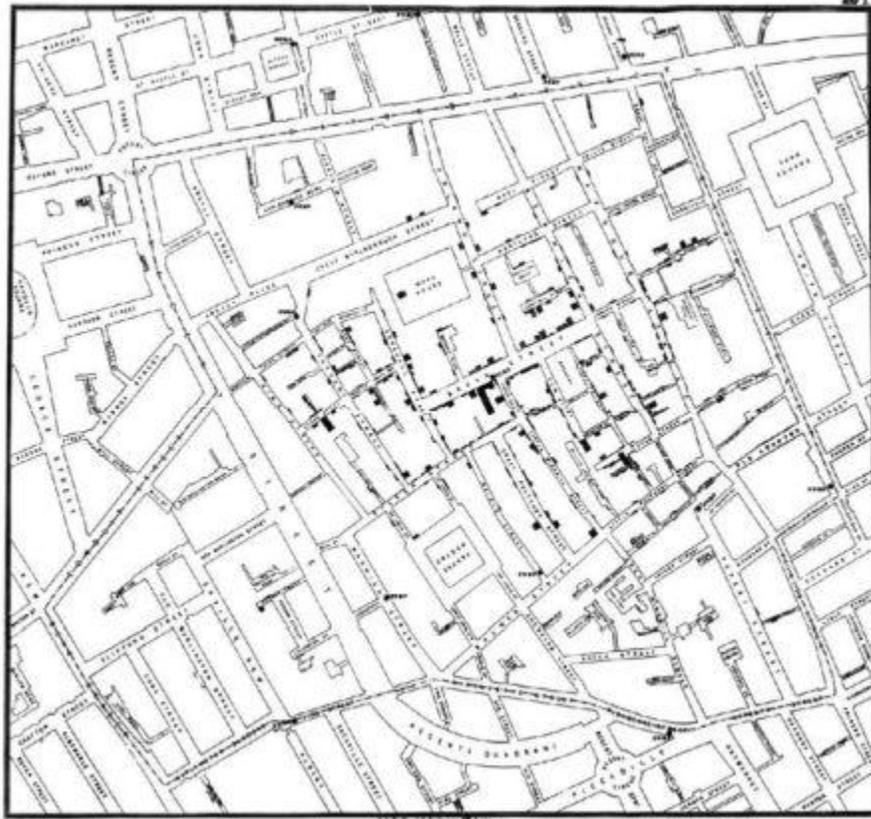
Usando la teoría de Pasteur y los postulados de Koch los científicos han conseguido deducir curas para muchas enfermedades. La teoría de los gérmenes de Pasteur estableció los cimientos de la ciencia de la microbiología y es piedra angular de la medicina moderna.

Mientras seguía con los experimentos, aprendió que diferentes microbios causaban diferentes enfermedades y descubrió que en el caso de algunas enfermedades, podía usarse una forma debilitada del microbio para conseguir inmunidad contra las formas más virulentas. Su trabajo con la rabia fue especialmente importante. Tras descubrir que la rabia era transmitida por un virus, Pasteur desarrolló un tratamiento efectivo —en 1885 salvó las vidas de dos chicos que habían sido mordidos por un perro rabioso— y descubrió que podía también vacunar a los perros con éxito. Siguió desarrollando vacunas contra el cólera aviar, el ántrax y la fiebre porcina.

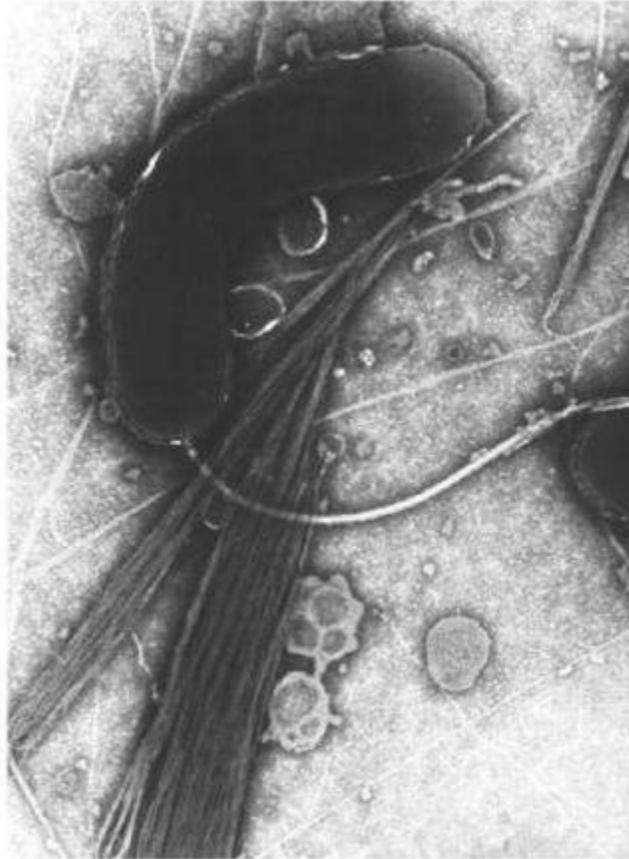


Las primeras fotografías del Instituto Pasteur se tomaron para la revista Popular Science Monthly en agosto de 1930. El Instituto era el paradigma de la modernidad científica.

En 1886 se fundó en Francia el Instituto Pasteur como clínica para el tratamiento de la rabia, centro de investigación de enfermedades e instituto de enseñanza. En 1891 se inauguró un Instituto Pasteur en Saigón convirtiéndose en el primero de una red mundial y demostrando la estima que había llegado a tenerse por su trabajo.







[Superior] Mapa original realizado por John Snow en 1854. Los casos de cólera se destacan en negro. El Dr. Snow estaba convencido de que el agua contaminada de la bomba de la calle Broad era la fuente del contagio. [Media] Retrato de John Snow en 1857. [Inferior] Imagen tomada con el microscopio electrónico del Vibrio cholerae, se puede observar su forma de bastón (bacilo) curvo y su flagelo polar, que le otorga gran capacidad de movimiento.

§. El poder curativo de la limpieza

El conocimiento médico a mitad del siglo diecinueve era totalmente incorrecto. Por poner la situación en perspectiva, es interesante señalar que en los Estados Unidos durante la Guerra Civil, dos

tercios de las 618 000 bajas de la guerra se debieron a enfermedades (tifus, neumonía, diarrea infecciosa, fiebres tifoideas y tétanos), no a heridas de guerra. Parte de la diseminación de las enfermedades se debían a las pésimas condiciones sanitarias. En los hospitales, la cirugía se llevaba a cabo sin guantes y los cirujanos limpiaban los instrumentos en los delantales.

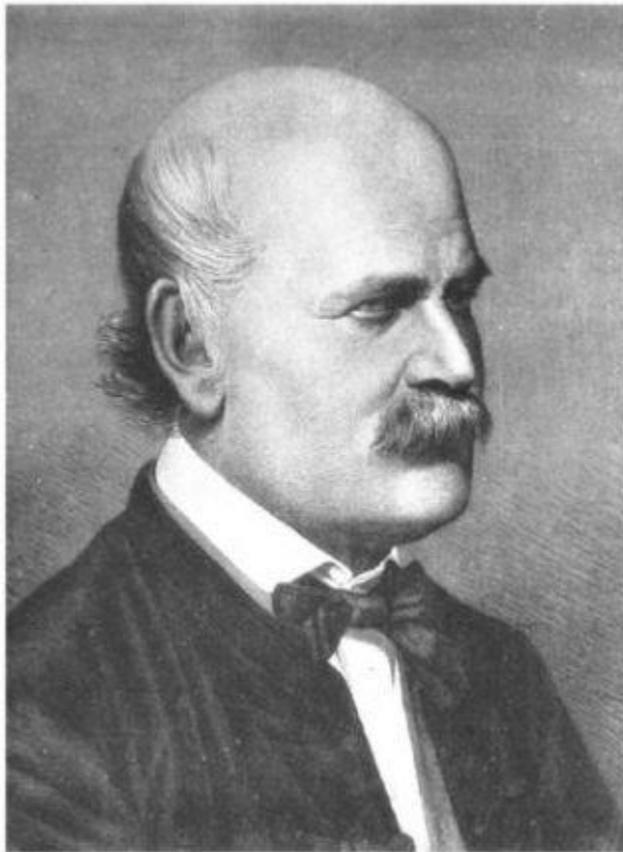
La lucha de John Snow por el agua limpia en Inglaterra

En el siglo XIX miles de personas morían de cólera. El Dr. John Snow (1813-1858), que luego fue conocido como el Padre de la Epidemiología, creyó que esta grave enfermedad intestinal se debía a que la población bebía agua sucia. A pesar de sus esfuerzos, fue incapaz de extraer pruebas científicas que habrían obligado a que el gobierno mejorara la sanidad pública y los sistemas de agua.

Sin embargo, una vez que Pasteur realizó sus descubrimientos, el trabajo de Snow fue visto bajo una nueva perspectiva. Quedó claro que era muy probable que el germen del cólera se expandiera por el agua contaminada por las aguas residuales o por la basura. Como resultado, el Reino Unido aprobó la Ley de Sanidad Pública en 1871, que forzaba a los ayuntamientos a eliminar las aguas fecales y la basura de las calles y a que suministraran a las comunidades agua potable limpia. La salud mejoró.

Snow murió en 1858 antes de que su misión fuese alcanzada.

Teniendo esto en mente, es más fácil entender la importancia de lo que un doctor húngaro, Ignaz Semmelweis, descubrió mientras practicaba obstetricia en la Allgemeine Krankenhaus (Vienna), a comienzos de la década de 1840. En el hospital, era práctica común que los doctores hicieran las autopsias por la mañana y los exámenes pélvicos en las mujeres embarazadas o asistieran a los partos por la tarde. Nadie sabía nada de la esterilización de los instrumentos o la importancia de lavarse las manos o de llevar guantes, y la fiebre puerperal iba en aumento.



Semmelweis Ignác Fülöp (1818-1865). Este médico húngaro consiguió disminuir la tasa de mortalidad por sepsis puerperal entre las mujeres que daban a luz en su hospital mediante la recomendación a los médicos y matronas de que se desinfectaran las manos con una solución de cal clorada antes de atender a las pacientes.



Joseph Lister (1827-1912) Uno de los pioneros en el uso del microscopio. Introdujo prácticas sanitarias en los hospitales, incluyendo un limpiado concienzudo de las heridas así como un entorno aséptico en los quirófanos.

El doctor Semmelweis pensó que la poca limpieza podía ser la culpable de esto y ordenó a los doctores que se limpiaran el pus, la sangre y los tejidos de las manos tras las autopsias y antes de ver a los pacientes. Las muertes por infecciones en los pabellones de Semmelweis cayeron (del doce al uno por ciento), pero, debido a que Semmelweis, un hombre con una personalidad muy fuerte que pensaba que «su palabra» era suficiente, carecía de pruebas para sus ideas, se encontró con bastante resistencia.

Unos años más tarde, Joseph Lister, un médico escocés, encontró la relación entre el descubrimiento de Pasteur y lo que Semmelweis había conseguido gracias a su insistencia en lavarse las manos. Lister introdujo prácticas sanitarias en los hospitales, incluyendo un limpiado concienzudo de las heridas así como un entorno de operaciones mucho más limpio.

Alegraos de vivir en una nación moderna

Hemos leído sobre Semmelweis y cómo descubrió la importancia de lavarse las manos, y asumimos que ahora «todo el mundo lo sabe». No es así. Cada año más de 3,5 millones de niños menores de cinco años que viven en entornos empobrecidos en países en vías de desarrollo mueren de diarrea y de graves infecciones respiratorias.

Los investigadores en los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los EE.UU. llevaron a cabo un estudio en Karachi, Paquistán, para descubrir el efecto que tendría lavarse las manos en la aparición de

enfermedades. Estableciendo una prueba de control aleatoria, entraron en veinticinco barriadas y distribuyeron o bien jabón normal o jabón antibacteriano y estimularon la práctica de lavarse las manos; otros once barrios sirvieron como control. Los niños menores de cinco años en las casas que recibieron el jabón normal tenían un 50 por ciento menos de incidencia de neumonía que los grupos de control. Los niños menores de quince años en las casas alentadas a usar el jabón normal tenían un 53 por ciento menos de incidencia de la diarrea y un 34 por ciento menos de incidencia de impétigo. No había diferencia significativa en los niveles de enfermedad entre aquellos que recibieron jabón normal y los que recibieron jabón antibacteriano. En este estudio, las infecciones respiratorias no decrecían inmediatamente tras la introducción del hábito pero sí decrecían de manera sustancial tras algunos meses. De modo que aunque parezca que las enfermedades causadas por la falta de higiene deberían de haber desaparecido hace un siglo, es obvio que en algunos lugares del mundo estas son simples lecciones que aún tienen que aprenderse.

§. Otros desarrollos importantes

Aunque aún hay mucho que aprender, la ciencia médica ha avanzado muchísimo, y algunos de los desarrollos más importantes son los siguientes.

- En 1892 el científico ruso Dmitri Ivanovski demostró que hay organismos causantes de enfermedades más pequeños que las bacterias y que fueron conocidos como virus. Hizo falta la invención del microscopio electrónico en los años 30 para que los científicos los vieran.
- En 1928 el bacteriólogo escocés Alexander Fleming comprobó que un moho llamado *Penicillium* era efectivo para matar bacterias. Esto condujo a desarrollar el primer antibiótico. El bioquímico británico Ernst Chain y el patólogo australiano Howard Florey comenzaron a producir penicilina en masa durante la Segunda Guerra Mundial. Este descubrimiento permitió el tratamiento de enfermedades que antes eran fatales como la tuberculosis, todo gracias a los descubrimientos iniciales de Pasteur.
- En 1946 los Estados Unidos formaron el Centro de Enfermedades Transmisibles (hoy en día el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades), como vigía nacional de enfermedades y que ha servido para liderar batallas a escala global contra la viruela, la polio y otras enfermedades.
- En 1980 un programa de vacunación global condujo a la erradicación del virus que causa la viruela. Es la única vez que un germen se ha extinguido con éxito. (Algunos países han guardado muestras del virus, augurando un futuro aterrador en caso de que sean usadas en una guerra biológica).

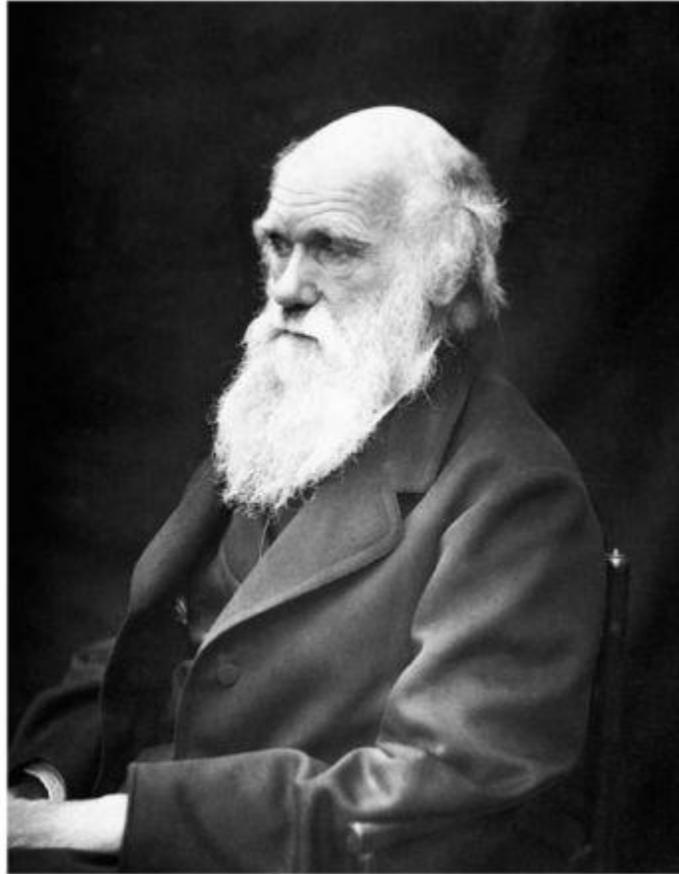
§. Lo que estamos aprendiendo ahora

Los científicos hoy están descubriendo que las enfermedades son mucho más complejas de lo que se había pensado. Ahora comprenden que muchas de las enfermedades crónicas que se creía que eran genéticas o medioambientales puede que estén causadas por bacterias, grupos de bacterias o virus. En abril de 2005 un informe de la Academia Americana de Microbiología (citado en Nicholas Bakalar, «More Diseases Pined on Old Culprits: Germs», New York Times, 17 de mayo de 2005) indica que, por ejemplo, la diabetes, que nunca se había sospechado que fuese una enfermedad causada por microbios, puede que resulte ser una compleja reacción inmune a una infección previa. Recientemente un oftalmólogo australiano realizó una conexión entre niños con cataratas y madres que habían tenido rubeola durante el embarazo (Bakalar). Al igual que se sabe que el virus de la varicela se queda en el cuerpo y reaparece en forma de herpes o culebrillas cuando el cuerpo se debilita, puede que un día descubramos que muchas de las enfermedades crónicas que se creían genéticas o medioambientales tengan sus raíces en una bacteria o virus.

Seguid a la escucha.

Capítulo 7

Darwin



Charles Darwin (1809-1882). Tan revolucionaria como las ideas de Galileo, Newton o Einstein, la explicación de la evolución de Darwin por «selección natural» transformó nuestra comprensión del mundo vivo.

Contenido:

§. Antes y ahora

§. La deuda de la biología con la serendipia

§. El viaje

§. Crece la idea

§. *Qué hace falta para demostrar la evolución*

§. *Pruebas fósiles*

§. *Mucho ruido y muchas nueces*

§. *Aún hay conmoción*

§. *El debate continúa*

§. *Más pruebas*

§. *Pero hay más en lo que pensar*

§. Antes y ahora

Para ser un tipo que murió hace más de cien años, Charles Darwin (1809-1882) ha tenido buena culpa de los titulares de los periódicos en los albores del siglo XXI, y nadie estaría más enfadado por todo el jaleo que él. Darwin era un candidato bastante improbable para generar una idea que pondría patas arriba el mundo de la ciencia.

Tan revolucionaria como las ideas de Galileo, Newton y Einstein, la explicación de la evolución de Darwin por «selección natural» transformó nuestra comprensión del mundo vivo, y su teoría de selección natural establece las bases de la biología moderna.

Lo nuevo no fue el concepto de evolución...

«Hay grandeza en esta concepción de que la vida,... se han desarrollado y se están desarrollando, a partir de un principio tan sencillo, infinidad de formas bellas y portentosas» (Párrafo final de *El origen de las especies*, 1859)

La evolución fue muy discutida entre científicos anteriores a Darwin. Sugerida por el zoólogo Jean-Baptiste Lamarck

(1744-1829), la evolución también fue apoyada por Erasmus Darwin (1731-1802), abuelo de Darwin y doctor y botánico muy respetado. Sin embargo, la idea no resultaba convincente para la mayoría de la gente en el siglo XIX porque no explicaba cómo las especies podían evolucionar hacia algo que no fuese lo que ya eran. Además de falta de pruebas científicas, la teología de la época decía que un Dios benevolente vigilaba la creación de todo y que nada evolucionaba. Al principio de su vida, Darwin estaba de acuerdo con la idea de que una deidad había organizado la vida, pues esta era tan compleja que no podía «haber ocurrido» sin más.

Darwin es tan conocido porque cambió de idea y encontró y probó un mecanismo viable para la evolución, la selección natural.

§. La deuda de la biología con la serendipia

Charles Darwin nació en una familia adinerada. Su educación comenzó con el estudio de la medicina, pero al no encontrarse cómodo con la práctica de la cirugía, Darwin cambió para licenciarse en teología. Su interés por el mundo natural fue una afición que persiguió activamente, y en la escuela participó en sociedades de estudiantes que estaban interesadas en la naturaleza. Hemos de darle las gracias a la serendipia por el hecho de que Darwin no volviese a casa para hacerse vicario tras su graduación.

Ocurrieron varios incidentes que le darían la oportunidad de desarrollar sus teorías por las que hoy es conocido.

Tras graduarse en 1831 a la edad de veintidós años, Darwin fue invitado a acompañar al capitán Robert FitzRoy, de veintitrés años, como «caballero acompañante» en un viaje de dos años en el barco asignado a FitzRoy, el *Beagle*. La misión de FitzRoy era cartografiar los océanos de Sudamérica y volver por Nueva Zelanda. Irónicamente, la pasión de FitzRoy era recolectar pruebas naturales que apoyaran la interpretación bíblica de la creación.

Las cualidades de Darwin para aquella posición eran estar disponible y haber nacido en la clase social adecuada. En aquellos días, las expediciones de exploración eran tan largas que los capitanes se sentían muy solitarios y se deprimían. Eran de una clase social distinta a la tripulación, de modo que era práctica común llevar a un amigo (o a alguien de buena cuna) como compañero. Para aquel viaje, la primera elección de FitzRoy se retiró de modo que Darwin fue su reemplazo.

Otro caso de serendipia ocurrió cuando Charles Lyell, considerado el padre de la geología, que ya habéis conocido en este libro, le pidió a FitzRoy que anotara las características geológicas que observara en sus viajes. Lyell le dio a FitzRoy una copia de su primer volumen de *Principios de geología*, que FitzRoy pasó a Darwin. El libro de Lyell se basa en la creencia de que la tierra fue creada gradualmente a través de extensos periodos temporales, mucho mayores que varios miles de años como la mayoría de los teólogos creían. Este

concepto de la línea temporal de la tierra sería de ayuda para el concepto de Darwin de la selección natural.

§. El viaje

Una vez que comenzó aquel viaje que duraría cinco años, Darwin consiguió sacar gran provecho de su situación. El papel del naturalista de la nave a menudo era llevado a cabo por el cirujano del barco, y así fue también en el caso del *Beagle*. Sin embargo, el cirujano del *Beagle* abandonó el barco en un puerto a mitad del viaje, de modo que Darwin quedó a cargo de recolectar especímenes, que disponía para ser enviados a Inglaterra.

Aunque el viaje no supuso ninguna iluminación para Darwin, hubo suficientes descubrimientos importantes que le ayudaron a dar forma a sus teorías, cuando los examinó de manera colectiva en retrospectiva. Estos son:

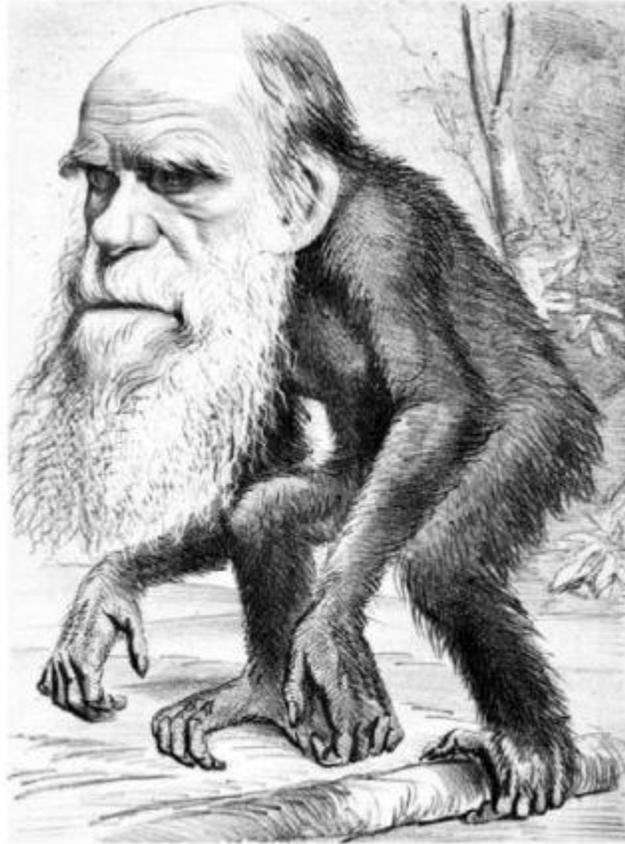
- Darwin fue testigo de la erupción de un volcán en los Andes y los efectos inmediatos de un terremoto en Chile. Tras el terremoto chileno, Darwin se percató de que la tierra se había alzado unos tres metros. Pudo ver que los lechos de mejillones se habían alzado sobre el agua, demostrando que lo que había escrito Lyell era cierto.
1. Aunque Darwin es famoso por haber señalado la diferenciación entre esas aves que se han llegado a conocer como los pinzones de Darwin, este descubrimiento no llegó sin ayuda. Los nativos de las Islas Galápagos le hicieron ver que tanto los pinzones como los galápagos se diferenciaban de isla en isla.

Podías saber en qué isla estabas tan solo mirando a estos animales. Esta información no impresionó en especial a Darwin, y apenas catalogó los pinzones que envió a Inglaterra. Afortunadamente, tenía un ayudante que realizó anotaciones precisas que permitieron que Darwin redescubriera en casa lo que no había visto durante el viaje.

2. La exposición de Darwin a los nativos primitivos de la Tierra del Fuego hizo que se preguntase si la civilización misma no había evolucionado durante el tiempo.
3. Cuando vio armadillos en argentina, se sorprendió al ver la semejanza con los fósiles que estaba encontrando. Darwin se preguntó por qué tantas especies de las que se habían extinguido habían sido reemplazadas por otras tan similares. Darwin comenzó a sospechar que no tenía sentido un gran plan que supusiese la creación por separado de especies ligeramente diferentes.



Darwin fue un regalo para los caricaturistas de su época. Esta ilustración, titulada «El hombre es sólo un gusano» y publicada poco antes de su muerte, muestra al gran naturalista sentado en el trono de Dios, supervisando la evolución de un caballero de Inglés.



Caricatura aparecida en la revista Hornetn donde Darwin es representado como un simio, como mofa a sus teorías evolutivas.

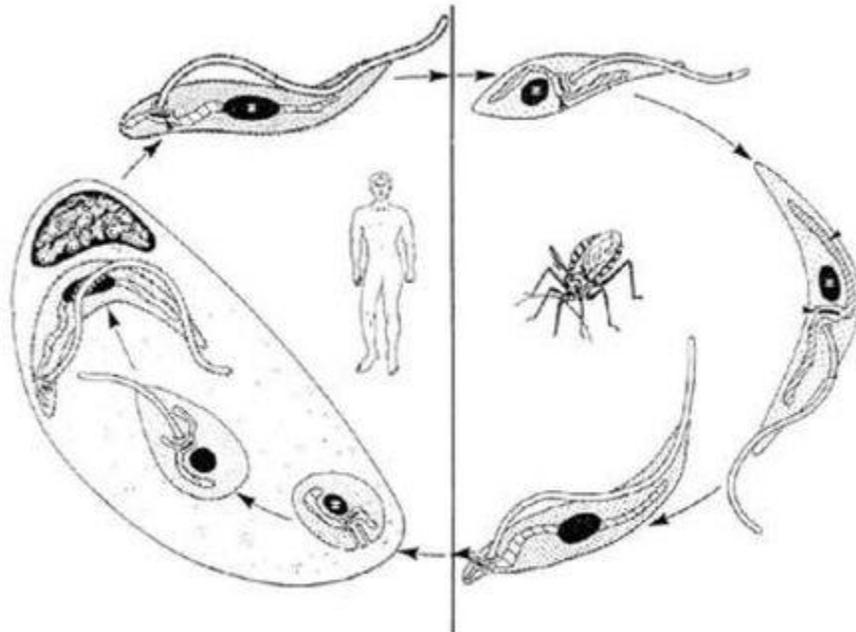
Junto con las especies que enviaba a Inglaterra, también envió informes de lo que veía. Estos primeros escritos fueron recopilados por el reverendo profesor John Stevens Henslow (1796-1861), que hizo que algunos naturalistas tuviesen acceso a los especímenes y a los informes de Darwin. Como resultado, cuando Darwin regresó, era toda una celebridad entre los científicos y era muy respetado por el trabajo que estaba realizando.

Una vez que volvió a Inglaterra en 1836, nunca volvió a abandonar su hogar, aunque había suficiente material como para mantenerlo

ocupado. Poco después de su vuelta, el capitán FitzRoy comenzó a realizar un libro sobre el viaje y le pidió a Darwin que contribuyera con una sección sobre los especímenes recolectados de la naturaleza. Publicado originalmente como parte del relato de FitzRoy y conocido como el *Diario de investigaciones sobre la historia natural y la geología de los países visitados durante el viaje alrededor del mundo del H.M.S. Beagle*, fue finalmente publicado y llegó a conocerse como *El viaje del Beagle*. Darwin siguió revisando sus escritos y hacia 1845, comenzó a explorar la idea de la selección natural.



Carlos Justiniano Ribeiro das Chagas (1879-1934). Médico brasileño descubridor de la enfermedad de Chagas, también llamada tripanosomiasis americana. Hasta ahora ha sido el único investigador en describir completamente una nueva enfermedad infecciosa: su patógeno, su vector, su huésped, sus manifestaciones clínicas y su epidemiología. Bajo estas líneas se representa un diagrama con el complejo ciclo vital del protozoo flagelado Trypanosoma cruzi (del mismo género que el agente infeccioso causante de la enfermedad del sueño africana). Se observan dos partes, una en el huésped definitivo (hombre y otros mamíferos); y en el huésped intermediario, un triatomino redúvido (chinche).



Durante gran parte de la segunda mitad de su vida, Darwin tuvo que luchar contra la enfermedad. Tuvo fiebres en Argentina en 1833

y de nuevo estuvo muy enfermo en 1834. Sufría de extrema diarrea, dolores intestinales, náuseas, vómitos, insomnio y, por último, una enfermedad cardíaca letal. Ahora sabemos que todos estos síntomas pudieron estar causados por un parásito de Sudamérica. Aunque la causa de la enfermedad era desconocida en la época, hoy los científicos creen que quizá sufría de Chagas a causa de la mordedura de un insecto o probablemente la enfermedad de Ménière. (El Chagas es una enfermedad tropical de Sudamérica que es transmitida por insectos reducidos; algunos síntomas son fiebre e hinchazones, y en su forma crónica, puede tener severas complicaciones cardíacas y gastrointestinales. La enfermedad de Ménière es una enfermedad del oído interno que se caracteriza por episodios de mareo y una progresiva pérdida de la audición).

§. Crece la idea

A Darwin no se le ocurrió la idea de la selección natural durante el viaje sino que le llegó tras su vuelta a Inglaterra cuando tuvo tiempo suficiente para estudiar los especímenes que había recolectado y para considerar cómo cuadraban. A partir de sus estudios nacieron varias teorías relacionadas. Con el tiempo, Darwin concluyó que la evolución existía pero que el cambio evolutivo era gradual, requiriendo el paso de miles de millones de años. Darwin también identificó el mecanismo primario de la evolución: la selección natural, una idea muy controvertida en su momento (aún lo es en algunas partes del mundo occidental).

Mientras trabaja en sus ideas, comenzó a explicárselas a sus amigos en 1838, pero no las publicó porque sabía que serían controvertidas. En 1844, Darwin había escrito un ensayo de 244 páginas explicando sus primeras ideas, pero aún lo pasó de manera privada. Mientras tanto, continuó trabajando en su teoría de las especies. Experimentó para ver si las semillas podían resistir el agua salada al transportarlas a islas aisladas. Crio palomas para comprobar si sus ideas sobre la selección natural eran comparables a las de la «selección artificial» de los criadores de palomas. La gente podía verse reflejada en estos aspectos de su trabajo pues entendían los fundamentos (cuando no el mecanismo) de criar a una paloma más rápida, una remolacha mejor o un ternero más gordo.

Mientras tanto, la reputación de Darwin fue creciendo. Se había interesado en los percebes y escribió mucho sobre ellos, un trabajo que le hizo merecedor de la Medalla de la Royal Society en 1853, apuntalando aún más su reputación como biólogo.

Entonces a mitad de la década de 1850, otro naturalista, Alfred Russel Wallace, comenzó a escribir sobre la selección natural. Charles Lyell había trabado amistad con Darwin tras el viaje, de modo que cuando Wallace llevó su trabajo a Lyell, este contactó directamente con Darwin para advertirle de que Wallace estaba trabajando en una línea similar de pensamiento. Al no ser alguien a quien le gustasen las batallas, Darwin sugirió que se enviase el ensayo de Wallace a una publicación, punto en el que Lyell, que sabía todo lo que Darwin había conseguido, sugirió que ambos ensayos fuesen enviados conjuntamente a la Sociedad Lineana en

1858. Así ocurrió, pero Darwin no pudo asistir debido a que su hijo había muerto y estaba en el funeral.

¿Por qué no se reconoce a Wallace junto a Darwin? Aunque Wallace comenzó en la senda correcta, finalmente fue ignorado por la comunidad científica porque volvió a la creencia de que había un componente espiritual en el proceso. (En una nota a pie de la historia, la selección natural también fue promocionada por un tipo llamado Patrick Matthew, que vivió entre 1790 y 1874 y que escribió un libro titulado *On Naval Timber and Arboriculture* [*Sobre la madera naval y la arboricultura*]). Extrapoló lo que hoy en día conocemos como selección natural de sus observaciones de cómo la gente al cultivar árboles de las cualidades óptimas para el uso naval, influenciaba en el cambio a través de la selección artificial. Su teoría carecía de razonamiento científico, pero Matthew siempre se sintió agraviado por la falta de reconocimiento de su trabajo).

Darwin vigiló cuidadosamente las reacciones a la publicación de su ensayo y el de Wallace, y vio que no hubo revuelo alguno. En 1859, Darwin publicó finalmente *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*, en el que establecía la evolución por descendientes comunes como la explicación científica principal de la diversificación natural. En el momento, la evolución implicaba la creación sin intervención divina, y hasta donde pudo, Darwin evitó el uso de las palabras *evolución* y *evolucionar*. La primera edición del libro se centró más en la selección natural en la naturaleza, solo de

manera indirecta aludía a ello para explicar la creación de los humanos. Las 1250 copias se vendieron de inmediato.

Cómo funciona la selección natural

En cualquier población, hay variaciones entre individuos. Por ejemplo, un pez nacido con ciertas características —aletas fuertes y la habilidad para moverse con rapidez— disfruta de una ventaja sobre otros peces de la misma especie que carecen de estas características. Si pasan estos rasgos a sus vástagos, algunos de estos disfrutarán de las mismas ventajas. Ya que los organismos con aletas fuertes tienen más posibilidades de conseguir comida, tienen más posibilidades de reproducirse y pasar el rasgo de aletas fuertes a sus vástagos. Los otros rasgos aún existirán pero puede que cada vez sean menos comunes. La naturaleza selecciona aquellos rasgos que ayudan a los organismos a sobrevivir en el entorno. El cambio a veces ocurre por una alteración en el ambiente, como un cambio en el clima o un cambio en los recursos disponibles en el área. Algunos tipos de cambios pueden favorecer otras cualidades o rasgos en los peces. Mientras cambia el entorno, los peces mejor adaptados para vivir en el nuevo entorno viven mejor, más tiempo y producen más vástagos, hasta que la población comienza a tener un aspecto muy diferente del que tenía originalmente. Se dice entonces que el pez está mejor adaptado a vivir en el nuevo entorno. Finalmente esta adaptación al cambio puede ser lo

suficientemente grande como para catalogar a este pez como una nueva especie. (Una especie es un grupo de organismos capaces de tener descendencia entre sí en la naturaleza y de producir vástagos fértiles).

Para Darwin, la vida sobre la tierra es el resultado de miles de millones de años de adaptaciones a entornos cambiantes. Aunque sus primeras obras evitaron mencionar a los humanos dentro del proceso evolutivo, ya no dudó más cuando publicó *El origen del hombre* (1871), en el que señaló que los humanos, como cualquier otro organismo sobre la tierra, son el resultado de la evolución.

§. Qué hace falta para demostrar la evolución

En la época de Darwin, tuvo que depender de observaciones de diferencias y similitudes. Hoy tenemos cinco fuentes de pruebas sobre la evolución:

1. Sabemos que todo ser vivo está hecho de células y moléculas. Podemos ver similitudes bioquímicas entre compuestos comparables de organismos diferentes.
2. Se puede comparar la anatomía de diferentes especies, y los científicos a menudo encuentran estructuras similares en organismos muy diferentes.
3. Los científicos también tienen evidencias de órganos vestigiales. Los órganos vestigiales son estructuras que se encuentran en nuestros cuerpos, y los cuerpos de otros organismos, que parecen no tener funcionalidad pero que

indican una época anterior en la que eran útiles. Las muelas del juicio en los humanos son un ejemplo de una estructura anatómica que ya no es necesaria o útil. (Una mejor higiene dental ha eliminado la necesidad de estos dientes extra, ya que ahora solemos mantener nuestros dientes durante toda la vida).

4. Estamos obteniendo pruebas genéticas (ADN) que muestran lazos entre todos los seres vivos (filogenia molecular).

5. Similitudes y diferencias embriológicas. Mientras el embrión se desarrolla a partir del óvulo fertilizado hasta que nace, podemos observar todas las etapas por las que pasó el organismo mientras se desarrollaba hasta tener su forma actual.

6. El catálogo de fósiles es cada vez mayor. Con la mejora de los métodos de investigación, los indicios de lazos entre las especies siguen creciendo. Los científicos ven que ciertos cambios se han producido a lo largo del tiempo.

§. Pruebas fósiles

En 1861 —dos años tras la publicación de *El origen de las especies*— se envió al Museo Británico de Historia Natural en Londres un importante hallazgo. (El espécimen fue vendido al museo por un coleccionista particular, un doctor, que recibió el esqueleto como pago de uno de sus pacientes). En una cantera de Bavaria, se descubrió un espécimen bien preservado de un extraño

fósil con plumas de la era Jurásica y fue llamado *Archaeopteryx*. Era una confusa mezcla de ave y reptil con cabeza de pájaro pero con dientes. Aunque Darwin había supuesto que las aves habían evolucionado a partir de los reptiles, aquí había una prueba que pasó desapercibida. El espécimen fue examinado por Richard Owen, un anatomista respetado. Thomas Henry Huxley (1825-1895), un zoólogo y paleontólogo de fama y gran defensor de Darwin, también lo vio en 1868. Pero ninguno de estos hombres —ni nadie de la época— fue capaz de convencer a otros científicos de que aquella era una pieza clave para la teoría de Darwin.





William Jennings Bryan (1860-1925). Político estadounidense y miembro del Partido Demócrata que fue candidato a la presidencia de los Estados Unidos de América en tres ocasiones: en 1896, 1900 y 1908. Fue el fiscal y testigo principal en el juicio a Scopes, también conocido como «juicio del Mono», en el que se acusó al maestro de escuela John Thomas Scopes de infringir la Ley Butler (que prohibía en ese estado la enseñanza de la teoría de la evolución a los alumnos de las escuelas públicas).

§. Mucho ruido y muchas nueces

En Dayton, Tennessee, en los años 20, causó gran conmoción un juicio para examinar la aplicación de un estatuto de Tennessee que prohibía la enseñanza de la evolución en las escuelas públicas. John T. Scopes, un profesor de biología de instituto de veinticuatro

años, fue el vehículo elegido para desafiar la ley estatal de Tennessee que marcaba como fuera de la ley «cualquier teoría que niegue la historia de la creación divina tal y como aparece en la Biblia». El Scopes Monkey Trial (el Juicio a Scopes), como llegó a conocerse, fue visto por toda la nación, no solo por lo interesante del tema, sino porque incluía un cara a cara de dos mentes legales privilegiadas: Clarence Darrow en la defensa y el tres veces candidato a la presidencia William Jennings Bryan como fiscal. El juicio fue celebrado en mitad de un circo de medios de comunicación. Cuando por fin fue el turno del jurado, hallaron a Scopes culpable tras una deliberación de ocho minutos.

Un año más tarde, la corte suprema anuló el veredicto debido a un defecto de forma. Aunque no resolvió la disputa, este último paso fue un duro golpe para los anti-evolucionistas. De los quince estados con legislación anti-evolucionista en 1925, solo dos estados (Arkansas y Mississippi) aprobaron leyes restringiendo la enseñanza de la teoría de Darwin.

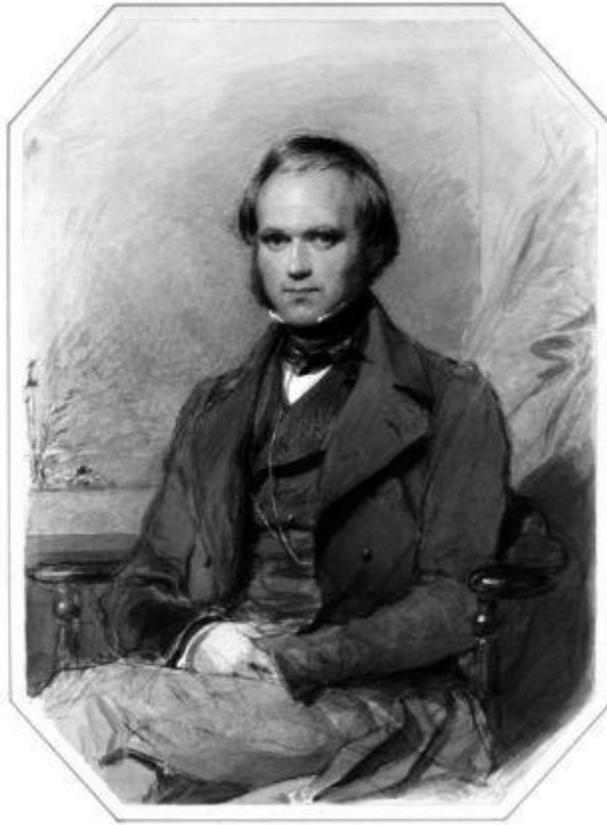
La historia la conocen todos gracias a la obra de teatro y a la película *La herencia del viento*.

En 1965 Scopes escribió que, como resultado del juicio, «las legislaciones restrictivas sobre la libertad académica son para siempre una cosa del pasado» (John Thomas Scopes, «Reflections Forty Years After», www.law.umkc.edu/faculty/projects/ftrials/scopes/scopesreflections.html).

Finalmente Tennessee abolió la ley en 1967, pero la historia continúa.

§. Aún hay conmoción

Cualquiera que escuche las noticias sabe que Darwin, la selección natural y la evolución son a menudo el centro de un debate ideológico. Aquellos que se oponen al concepto de evolución defienden que está en contra de la interpretación literal del origen de la vida que se presenta en el Génesis. Los anti-darwinistas más recientes son una nueva camada. Ningún biólogo o geólogo serio duda de que la evolución ocurriera, y la mayoría de los más inteligentes defensores del diseño inteligente están de acuerdo. Simplemente afirman que algunos procesos naturales son tan complejos e ingeniosos que han de haber sido creados por un ser inteligente y sobrenatural. Al exponer así su caso, sin embargo, ignoran pruebas científicas de selección natural que siguen acumulándose gracias a nuevas herramientas y habilidades de análisis.



Retrato poco conocido de Charles Darwin en su juventud realizado por George Richmond (1840).

Hoy en día los debates surgen con mayor frecuencia en aquellos sistemas escolares que se preguntan: «¿Qué debemos enseñarles a nuestros hijos?» Algunos pedagogos parece ser que han comentado que la selección natural es «solo una teoría». Sin embargo, al despreciarla, ignoran el hecho de que en la ciencia una teoría tiene el mayor rango entre las ideas científicas y está bien apoyada por datos y observaciones. Afirman que no existen fósiles de transición que muestren cómo una especie evolucionó hacia otra, pero ignoran lo que se ha encontrado —o quizá los científicos no han encontrado

las suficientes para satisfacerlos. Desde la década de 1860 y el hallazgo del *Archaeopteryx* (el eslabón entre las aves y los reptiles), los paleontólogos han seguido encontrando pistas. Recientemente han encontrado fósiles que marcan transiciones entre las ballenas y sus ancestros terrestres, y entre criaturas con aletas y otras con extremidades.

En abril de 2005, un equipo francés de paleontólogos informó del hallazgo en África central de un cráneo y otros huesos de un probable ancestro humano que vivió hace 7 millones de años. Los científicos que estudiaron los nuevos fósiles creyeron que se trataba de una especie que estaba «cercana al último ancestro común entre chimpancés y humanos» (John Noble Wilford, «Fossils of Apelike Creature Still Stir Lineage Debate», *New York Times*, 12 de abril de 2005). Otros científicos requirieron más pruebas.

§. El debate continua

La evolución biológica es la única teoría científica que ha llegado al Tribunal Supremo. En 1987 el Tribunal Supremo sentenció que el creacionismo es una creencia religiosa que no puede ser enseñada en las escuelas públicas. Sin embargo, la discusión continúa.

En 1999, el Consejo Educativo del Estado de Kansas cambió sus estándares de ciencias para eliminar la evolución como explicación del desarrollo de la humanidad; también eliminaron la teoría del «big bang». Al año siguiente dieron marcha atrás cuando los votantes optaron por desbancar a aquellos que habían propiciado el anterior cambio. De nuevo han dado marcha atrás, habiendo

aprobado (en 2005) otro conjunto de estándares de ciencias que defienden exponer a los estudiantes a críticas a la evolución como el diseño inteligente (ID).

En Dover, Pennsylvania, el derecho a enseñar diseño inteligente fue llevado a juicio a finales del verano de 2005. Solo unas semanas después, los votantes echaron del gobierno a ocho de los miembros del consejo escolar que apoyaban el diseño inteligente. Unas semanas más tarde, el juez finalizó sus consideraciones y dictó en contra de la enseñanza del ID en Dover.

§. Más pruebas

Los defensores del diseño inteligente señalan el ojo humano y la asombrosa habilidad de la sangre para coagularse como pruebas de lo difícil que es imaginar que estas cosas «evolucionaron». Aún así, los científicos están investigando cómo funcionan los genes y han rastreado la vista hasta unas bacterias sin visión de las que evolucionaron animales pluricelulares hace más de 500 millones años. Finalmente las zonas fotosensibles de estos organismos gradualmente cambiaron a cráteres sensibles a la luz que podían detectar la dirección de la que esta provenía. Poco a poco los cráteres desarrollaron lentes, mientras mejoró la capacidad de recoger información de estos órganos. (Recordad que la línea temporal tiene miles de millones de años).

En cuanto a la coagulación de la sangre, hoy en día los científicos están realizando estudios a nivel molecular y comienzan a entender el orden en el que las diferentes proteínas se involucraron para

conseguir que la sangre se coagulara, y cómo finalmente se desarrollaron los sofisticados mecanismos de coagulación de los humanos y de otros animales superiores. El mapeado del genoma ha ayudado en este caso. Los científicos habían predicho que animales más primitivos como los peces carecían de ciertas proteínas de coagulación, y de hecho, la secuencia del genoma de los peces acaba de demostrarlo.

Los descubrimientos moleculares también suministran pruebas de ancestros comunes. Ahora sabemos que cada célula viva usa ácidos nucleicos como material genético y usa los mismos veinte aminoácidos como bloques de construcción de las proteínas. El desarrollo de la genética ha permitido a los biólogos estudiar la historia genética de la evolución, y aunque no podemos obtener las secuencias de ADN de la mayoría de las especies extinguidas, los grados de similitud y diferencias entre las especies modernas permiten a los científicos reconstruir linajes con mayor precisión. Por ejemplo, cuando se comparan el ADN de los humanos y de los chimpancés, se demuestra que las dos especies comparten un 98-99 por ciento de material genético.

§. Pero hay más en lo que pensar

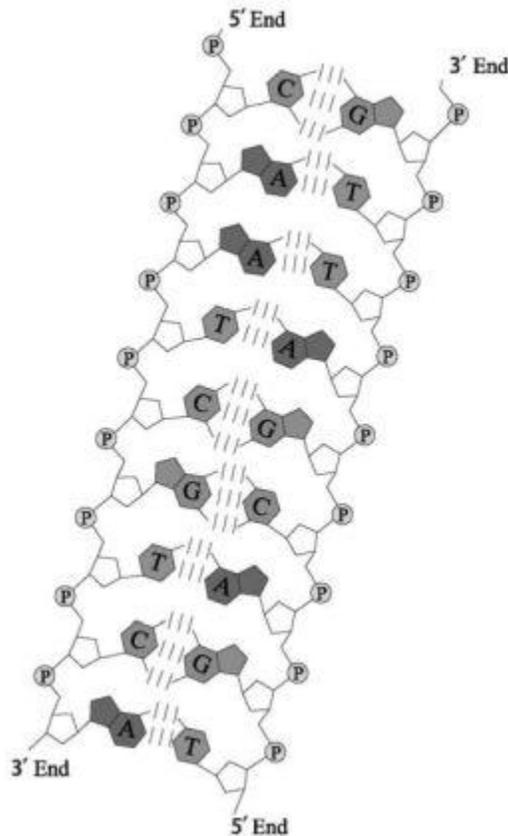
Ni siquiera los evolucionistas están convencidos de que Darwin estuviese totalmente en lo cierto. En 1972 Niles Eldredge y Stephen Jay Gould expusieron la teoría del equilibrio puntuado: la idea de que la evolución, particularmente la diferenciación entre las

especies, ocurre relativamente rápido con largos periodos de pocos cambios o ninguno. Esto se está aún debatiendo.

Seguid atentos a las noticias. Esta historia no está ni mucho menos acabada.

Capítulo 8

El secreto de la vida



Representación de la estructura en doble cadena del ADN.

Se puede observar el Acido fosfórico (P); la Desoxirribosa: un monosacárido de 5 átomos de carbono (pentosa) que forma parte de la estructura de nucleótidos del ADN; y las Bases nitrogenadas: Adenina (A), Citosina (C), Guanina (G) y Timina (T). Esta organización de las hebras de ADN se denomina antiparalela; son cadenas paralelas, pero con direcciones opuestas. De la misma manera, los extremos asimétricos de las hebras de ADN se denominan extremo 5' («cinco prima») y extremo 3' («tres prima»), respectivamente.

Contenido:

- §. El ABC (y un poco de CSI) del ADN*
- §. Los fundamentos*
- §. Antes de Watson y Crick*
- §. Los científicos y la serendipia*
- §. La historia continúa*
- §. El ADN y el futuro*
- §. Problemas éticos que necesitan resolverse*
- §. El ADN y el sistema de justicia criminal*
- §. Imaginad qué más podemos aprender*

§. El ABC (y un poco de CSI) del ADN

Hoy en día es imposible encontrar una serie policíaca en televisión sin que aparezcan investigadores pidiendo muestras de saliva de los sospechosos para analizar su ADN, y apenas pasa un día sin que se mencione en una noticia el ADN en algún contexto. Muchas de estas noticias están relacionadas con crímenes, pero cada vez más, leemos sobre increíbles progresos en la ciencia y en la medicina debido a habilidades relativamente nuevas para identificar el ADN. Y como prueba de lo generalizado que se ha vuelto el ADN, un registro genealógico de Internet ofrece a sus clientes la oportunidad de analizar su ADN y así acceder a una base de datos para buscar relaciones familiares con otros que se hayan registrado. Increíble. Desde finales de los 50 y comienzos de los 60, los biólogos moleculares han aprendido a caracterizar, aislar y manipular los

componentes moleculares de las células y organismos. Estos componentes incluyen el ADN (ácido desoxirribonucleico), depositario de la información genética; el ARN, un pariente cercano del ADN, cuyas funciones van desde servir como copia temporal de trabajo del ADN a otras estructurales y enzimáticas; y las proteínas, las mayores moléculas estructurales y enzimáticas que hay en las células.

Cuando se descubrió por primera vez la estructura del ADN por James Watson y Francis Crick, al ADN se le llamó «el secreto de la vida», pero hoy los científicos saben que el ADN no es exactamente eso. Se trata más de una llave especial —con ella, acaban de empezar a desentrañarse los misterios de la vida y del desarrollo.

§. Los fundamentos

La biología molecular es el estudio de la biología a nivel molecular. El campo se extiende por otras áreas de la biología y la química, en especial la genética y la bioquímica. La biología molecular trata principalmente de la comprensión de las interacciones entre varios sistemas de células, incluyendo las interrelaciones que se dan en el ADN, el ARN y la síntesis de proteínas, y cómo se regulan estas interacciones.

Cada célula dentro de cada organismo vivo —desde la piel hasta el músculo (excepto los glóbulos rojos) — contiene una copia del mismo ADN. La secuencia de ADN es la disposición particular de bases pareadas a lo largo del filamento de ADN. El orden establece instrucciones exactas de los rasgos de cada organismo particular.

Las pequeñas criaturas en la célula llamadas mitocondrias (que llevan a cabo la respiración de las células) y los cloroplastos (que hacen la fotosíntesis) tienen su propio ADN y pueden reproducirse por sí mismas. En los humanos, podemos rastrear el ADN mitocondrial de madres a hijos y de este modo determinar el lazo maternal. Podemos hacer lo mismo con los cromosomas y entre padres e hijos.

§. Antes de Watson y Crick

Antes de que ni siquiera se concibiese el ADN hubo avances en muchos frentes. Los antiguos tenían ideas básicas sobre la herencia y entendían algunos fundamentos de la reproducción. Ciertos animales cuando se reproducían entre sí daban a luz a animales con la misma fortaleza (o color, u otros rasgos) que los padres. Sin embargo, fue de algún modo un proceso de prueba-error y nadie tenía la menor idea de los mecanismos que se ponían en marcha desde un punto de vista científico.

Antes de que la genética se convirtiese en una ciencia, el mundo necesitó descubrir cómo comenzó la vida (científicamente) y necesitó saber que había mecanismos (los genes) en nuestros cuerpos que de algún modo determinaban la herencia.

El trabajo con los microscopios de Antony van Leeuwenhoek (1623-1723; presentado en el capítulo 6) condujo a una de las primeras pistas necesarias. No solo fue Leeuwenhoek la primera persona en ver el esperma en el microscopio, sino que su descubrimiento de los

huevos de las pulgas eliminó la teoría de que las pulgas (o cualquier ser vivo) podían nacer de manera espontánea.

Entonces, a mitad del siglo XIX, apareció un monje austriaco, Gregor Mendel (1822-1884), con la afición de cultivar guisantes que iba cruzando. Mendel documentó cuidadosamente sus cruces de plantas altas y bajas, o que tenían guisantes lisos o rugosos, y comenzó a ver algo dentro del proceso de reproducción de las plantas que operaba siguiendo un plan dominante/recesivo. (Cuando cruzaba plantas altas con otras cortas, no obtenía plantas de tamaño medio como cabría esperar, sino que siempre obtenía plantas altas). No había canales por los que un monje con una afición interesante pudiese contarles a los demás lo que había descubierto, de modo que nadie supo de sus hallazgos mientras vivió. Sin embargo, dejó tras de sí unos escritos muy detallados y finalmente su trabajo salió a la luz y estableció el camino para descubrimientos muy importantes.

No fue hasta 1900 —la fecha del nacimiento de la genética moderna— que un artículo casi olvidado de Mendel, (que ya había muerto en 1884) escrito en 1865, comenzó a calar en la comunidad científica al ser presentado por Hugo de Vries y Carlo Correns. Por aquella época los científicos comenzaban a intuir el significado de los rasgos hereditarios. Aunque el momento de «ah, entonces así es como funciona» en el caso del ADN no llegó hasta la década de 1950, su existencia fue descubierta a principios del siglo XX por un bioquímico alemán que encontró que los ácidos nucleicos estaban

compuestos por azúcar, ácido fosfórico y varios compuestos conocidos como bases que contienen nitrógeno.



Gregor Mendel (1822-1884) y su afición de cultivar guisantes. Mendel documentó cuidadosamente sus cruces de plantas altas y bajas, o que tenían guisantes lisos o rugosos, y comenzó a ver algo dentro del proceso de reproducción de las plantas que operaba siguiendo un plan dominante/recesivo. Sus experimentos sentaron las bases de la teoría de la herencia genética.



En 1944 el científico americano y biólogo molecular, Oswald Avery (1877-1955), demostró que el ADN porta información genética. Aunque este descubrimiento fascinó a los científicos, aún había poco que pudiesen hacer con la información ya que no conocían la estructura molecular del ADN. Solo descodificándola podrían comenzar a entenderla y a entender cómo usar esa información para ayudar a la humanidad.

§. Los científicos y la serendipia

Aunque casi todos los descubrimientos científicos se basan en gran medida en el trabajo científico que los precede, el descubrimiento de

la estructura del ADN no solo se basó en el trabajo de otros, sino también en la serendipia. Y como una buena carrera de caballos, había varios científicos (y grupos de científicos) avanzando a toda velocidad para identificar la estructura del ADN. La victoria de Watson y Crick fue debida a un poco de suerte y a mucha atención a su propio trabajo y lo que oían del trabajo de los demás. A esta mezcla añádase el hecho de que una de las científicas de cabeza (Rosalind Franklin) era antipática y no muy apreciada, lo cual animó a los miembros de su departamento a compartir con otros algunos de sus hallazgos.

La historia comenzó en el King's College de Londres, donde el biofísico británico Maurice Wilkins (1916-2004) trabajaba para determinar la estructura de la molécula de ADN. Wilkins decidió que para entender el ADN, necesitaba una imagen, de modo que acudió a Rosalind Franklin (1920-1958), que no era más que una estudiante de posgrado pero que era conocida como la mejor en cristalografía por rayos X. Franklin se puso a trabajar y aunque no le gustaba dar informes provisionales, accedió a dar una charla en el departamento sobre las primeras imágenes de formas secas y húmedas de ADN, que comenzaban a mostrar evidencias de su estructura helicoidal (1951). El caso es que James Dewey Watson (1928-), un americano graduado en zoología de veintitrés años que había estudiado ornitología y virus, visitó el departamento aquel día y tuvo acceso a pistas muy importantes sobre los primeros hallazgos de Franklin.

Watson acababa de llegar al Laboratorio Cavendish donde esperaba estudiar el ADN. Acababa de interesarse por la materia, pero ya había decidido que tenía que ser él quien descodificase la estructura. Fue en Cavendish donde conoció a su futuro compañero, Francis Crick (1916-2004), un físico que estaba fascinado con la aplicación de la física a la biología y que también tenía intención de investigar cómo la información genética puede almacenarse en forma molecular.

Aunque formaban una extraña pareja, Watson y Crick estaban unidos por su determinación para entender mejor el ADN. Crick aportó su conocimiento de la difracción de los rayos X, y Watson su comprensión de los virus y de la genética de las bacterias. Irónicamente, a Watson y Crick les dijo su superior que no trabajarían en desentrañar el ADN, pues había otros científicos trabajando en ello. A pesar de esto, Watson y Crick continuaron, incluso invitando a Franklin a que se les uniera en el trabajo. Ella los rechazó y no acudió.

En otro continente, el químico americano y premio Nobel Linus Pauling (1901-1994) trabajaba con radiocristalografía y la construcción de modelos moleculares. En 1952 tenía la esperanza de viajar a Inglaterra a una conferencia donde sabía que estaría Franklin, pero se le negó pasaporte alegando que era simpatizante comunista. Estaba tan avanzado en su trabajo que si hubiese acudido, él y Franklin sin duda habrían sido los primeros en dar con la solución de la estructura del ADN.

Mientras tanto, Franklin había hecho grandes progresos en su trabajo. Había desarrollado con éxito una buena fotografía de la forma B (o húmeda) del ADN, que mostraba una doble hélice. Sin embargo, no estaba lista para dar la información hasta que hubo explorado algo que le preocupaba sobre la forma A (o seca). Su renuencia molestó a su compañero, Wilkins, quien decidió continuar sin ella.

En 1953, Watson fue a visitar a Wilkins, y ya que ambos habían sufrido el rechazo de Franklin, se unieron en su antipatía por su actitud. Durante el encuentro, Wilkins mostró a Watson una copia de la fotografía de Franklin de la forma húmeda del ADN, revelando la forma helicoidal que Watson había sospechado. La fotografía condujo a Watson a sospechar que el ADN podía reproducirse porque estaba estructurado como una doble hélice.

Crick era consciente de la tensión entre Wilkins y Franklin y usó esto como oportunidad para acudir a sus superiores e intentar que le dieran permiso para intentar un modelo de ADN; esta vez el permiso le fue concedido.

Más tarde, sin permiso de Franklin, pasaron un informe departamental de Franklin a Watson y Crick. Daba pruebas concluyentes de que el ADN era una hélice múltiple. Watson y Crick supieron que los ejes de fosfato del ADN debían estar en el exterior de la molécula. Este descubrimiento fue clave para entender la estructura. (Se debatirá por mucho tiempo si Watson y Crick debieron tener acceso a los resultados de Franklin antes de que los publicase formalmente).

Para la última pieza del puzle, Watson y Crick acudieron al trabajo realizado por Erwin Chargaff en 1950. Franklin era el científico que realmente tenía una plena comprensión del trabajo de Chargaff, que trataba sobre el apareamiento de bases del ADN. Había completado un borrador de un artículo fechado el 17 de marzo de 1953 que identificaba la estructura de doble hélice del ADN así como los emparejamientos de bases específicos que permitían la «apertura» de la doble hélice durante la división celular de modo que el gen, y finalmente el cromosoma, pudiesen replicarse.

A pesar de la comprensión general que Franklin tenía del proceso, fueron Watson y Crick los que publicaron primero su artículo. De forma bastante discreta, el artículo de Watson y Crick sobre la estructura del ADN apareció en la publicación británica *Nature*, y describía la molécula de ADN como una larga cadena de dos filamentos enrollada en una doble hélice que se parecía a una escalera retorcida. El artículo resumía la contribución de Wilkins y Franklin mencionando simplemente que los pensamientos de Watson y Wilkins fueron «estimulados» por los resultados no publicados de Wilkins, Franklin y sus colaboradores en el King's College.

En 1962, se concedió el premio Nobel de Fisiología y Medicina a Watson, Crick y Maurice Wilkins por su trabajo. Franklin había muerto en 1958 de cáncer, probablemente relacionado con la gran exposición a la radiación en su trabajo con la difracción por rayos X que resultó tan vital para entender la estructura del ADN. Como el Nobel no puede concederse de manera póstuma, nunca fue honrada

por su trabajo, de modo que lo único que queda es reconocer sus importantes contribuciones contando su historia.

El genoma humano: Qué es

El genoma humano es el conjunto completo de ADN de una persona, dispuesto en 23 parejas distintas de cromosomas (la pareja 24 es la que determina el género) —moléculas físicamente separadas que tienen una longitud de entre 50 y 250 millones de parejas de bases. Cada cromosoma contiene muchos genes, las unidades básicas físicas y funcionales de la herencia.

Los genes son tan solo el dos por ciento del genoma humano; el resto consiste en regiones sin código, cuyas funciones pueden ser dar integridad estructural cromosómica y regular dónde, cuándo y en qué cantidad se fabrican las proteínas. Aunque los genes reciben mucha atención, son las proteínas las que realizan la mayoría de las funciones vitales e incluso constituyen la mayor parte de la estructura celular.

§. La historia continúa

En los 80, James Watson tuvo otra pasión, que también ha sido absolutamente clave para los avances médicos y científicos. Watson ayudó a presionar al Congreso para que creara el Proyecto del Genoma Humano de los Estados Unidos, un esfuerzo multimillonario para mapear la secuencia exacta nucleótida que está contenida en cada uno de los 24 cromosomas humanos —el así

llamado libro de la vida (que contiene aproximadamente tres mil millones de letras).

Irónicamente, el Proyecto del Genoma Humano partió del Departamento de Energía de los EE.UU. (aunque, se originó en su Programa de Sanidad y Medio ambiente). Desde 1947 el DOE y sus agencias predecesoras han sido impulsados por el Congreso a desarrollar nuevos recursos energéticos y a perseguir un mejor entendimiento de los riesgos potenciales para la salud y el medioambiente que plantea su producción y uso.

En 1986 Charles DeLisi, que entonces era director de los programas de investigación relacionados con la salud del DOE, se convenció de que era imperioso que estudiaran de manera efectiva los efectos biológicos de la radiación (junto con la información de si estos efectos eran transmitidos genéticamente, como en los casos de los supervivientes de Hiroshima). En 1990, el DOE y los Institutos Nacionales de Sanidad, que entendían que el conocimiento del genoma humano era necesario para el continuo progreso de la medicina y de otras ciencias de la salud, acordaron dedicar tres mil millones de dólares al proyecto, y establecieron una fecha límite de quince años. Se les unió el Wellcome Trust, una organización benéfica privada del Reino Unido. También hubo contribuciones de Japón, Francia, Alemania y China.

En 1998, una compañía privada, Celera Genomics, dirigida por el investigador Craig Venter, entró en escena. Venter, que estaba usando una nueva técnica (*shotgun sequencing*, un proceso que rompe el ADN en segmentos más cortos para que se lean más

rápidamente, y luego vuelve a recomponerlos para una lectura completa al final), esperaba acabar antes que el gobierno y planeaba patentar parte de lo que descubriese. Aunque sus contribuciones fueron notables, en marzo de 2000 el presidente Clinton anunció que no podría patentarse la secuencia del genoma, haciendo que las acciones de empresas biotecnológicas —incluyendo las de Celera— se desplomasen.

La competición resultó buena, y en 2000, debido a una amplia colaboración, tanto pública como privada, se acabó un tosco borrador del genoma y fue anunciado conjuntamente por el entonces Presidente Clinton y por el Primer Ministro Británico Tony Blair.

En febrero de 2001 tanto Celera como los científicos del gobierno publicaron detalles de sus descubrimientos —*Nature* publicó la versión del gobierno y *Science* la de Celera. Juntos, la secuencia que habían identificado constituía el 90 por ciento del genoma. En 2003 una comunicación conjunta anunció que se había secuenciado el 99 por ciento del genoma con una precisión del 99,99 por ciento. Para los fines propuestos, el proyecto fue completado en abril de 2003, dos años antes de lo previsto. Resultó ser el cincuenta aniversario de la publicación de Watson y Crick sobre la estructura del ADN que inauguró la era de la biología molecular.

Lo que ha sorprendido a todo el mundo —incluso a los científicos— es que los humanos son mucho más «simples» de lo que se había creído originalmente. Han encontrado que el genoma humano solo tiene unos 30 000 genes —la estimación original era tres veces superior a ese número. Este descubrimiento sugiere que

necesitamos todavía entender mucho más acerca de cómo funcionan los genes, cómo se llevan a cabo sus instrucciones y cómo se producen las enfermedades y otras anomalías. Pero mientras tanto, las ganancias han sido increíbles.

§. El ADN y el futuro

El conocimiento sobre el ADN puede llevarnos a entender cómo todas las partes de las células —genes, proteínas y muchas otras moléculas— trabajan juntas para crear organismos vivos complejos. El ADN subyace a casi todos los aspectos de la salud humana, y entender lo que el ADN tiene que ver con la salud tendrá un profundo impacto en la manera en la que se diagnostican, se tratan y se previenen las enfermedades. Por ejemplo, los científicos han descubierto un gen variante portado por más de un tercio de la población de los EE.UU. que conduce a un considerable incremento de la diabetes de Tipo 2. Esto debería llevar a una mejora en los test de diagnóstico así como en el tratamiento.

En diciembre de 2005, se anunció un nuevo proyecto: el Atlas del Genoma del Cáncer. El proyecto piloto está diseñado para identificar y desentrañar las anomalías genéticas que contribuyen al cáncer — un esfuerzo que podría conducir a nuevos test de diagnóstico y tratamientos para la enfermedad. Los científicos hace mucho que saben que las mutaciones genéticas se acumulan en las células normales de una persona durante toda la vida y pueden hacer que esas células sean cancerígenas. Ya se conocen unos 300 genes que

están involucrados en la aparición del cáncer, y hay un puñado de medicamentos que interfieren con anomalías genéticas específicas.

Casi cada semana se anuncian nuevos logros. En 2005 se completó la secuencia del genoma del perro, sumándose a la de los ratones y los chimpancés. Todos estos estudios conducirán a una mayor comprensión de la historia evolutiva y a un mayor entendimiento de muchas especies.

Toda esta información sobre los varios genomas está ahora disponible para los científicos de todo el mundo, y se abre un nuevo futuro para la secuenciación del genoma humano. Algunos de los cambios que podréis ver serán:

- Exploración del proceso evolutivo: los científicos están comparando el linaje de los cromosomas de varias especies para entender mejor qué cambios ha habido en varios organismos y por qué ocurrieron.
- Pruebas con genes: algunas compañías están comenzando a ofrecer pruebas genéticas baratas y fáciles de administrar que pueden mostrar una predisposición a enfermedades como cáncer de mama, coagulación de la sangre, fibrosis quística, enfermedades del hígado y otras.
- Mejora de la terapia de genes: algún día los propios tejidos podrían reemplazar células dañadas por lesiones o enfermedades. El ADN podría ser retirado y usado como células madre embrionarias que estén listas para servir como células de reemplazo para reforzar funciones normales o para contribuir a la inmunidad.

- **Farmacogenómica:** se producirá un distanciamiento de las medicinas válidas para todo. En el futuro veremos tratamientos y vacunas que serán confeccionados para cada individuo. Estos ofrecerán beneficios directos para salvar vidas, pues hoy en día más de 100.000 personas mueren cada año de malas reacciones a los medicamentos. El ADN ayudará a predecir aquello que va a funcionar con cada individuo.
- **Vacunas mejoradas:** en 2006, el gobierno anunció una posible vacuna para la gripe aviar, y los científicos creen que serán capaces de identificar la cepa exacta de la gripe y manufacturarla rápidamente con la ayuda de la ingeniería genética.
- **Alimentos modificados genéticamente:** los científicos ya están comenzando a crear cosechas más sanas basadas en la comprensión de la genética de diversas plantas.

§. Problemas éticos que necesitan resolverse

Junto con los científicos que realizan los avances genéticos, los comités científicos necesitarán vérselas con asuntos éticos que estos avances crean. Estos van desde aquellos en apariencia simples — ¿qué ocurre si el maíz modificado genéticamente se cruza con el maíz normal?— a asuntos que afectarán a nuestras vidas de maneras más importantes. Por ejemplo, si alguien se somete a un test genético que muestra una predisposición a algún tipo de enfermedad crónica, hemos de estar seguros de que esta información nunca podrá ser usada para que afecte lo que ocurra

con el trabajo de esta persona. La predisposición a una enfermedad no significa que vayas a contraerla. Significa que si ocurren las influencias necesarias, es muy probable que contraigas la enfermedad. Por ejemplo, si tienes predisposición al cáncer de pulmón entonces estar expuesto al humo o a contaminantes en el aire podría causar que ciertas células cambien y se desarrollen para provocar cáncer de pulmón, activando la guerra herencia-entorno (herencia —el ADN que heredas— contra entorno —los factores medioambientales que podrían activar tu ADN).

Necesitarán abordarse problemas sobre la privacidad, la justeza en el uso, y el acceso a la información genética mientras los avances continúan.

Hoy en día tenéis que leer el periódico o las revistas y publicaciones adecuadas —no vuestro libro de ciencias— para manteneros al día con lo que ocurre con el ADN.

§. El ADN y el sistema de justicia criminal

Dado el uso que se hace del ADN en las series de televisión y que ocupa muchos titulares, un capítulo sobre el ADN no puede terminar sin hablar sobre su uso en el sistema de justicia criminal. Aunque la secuenciación del ADN ha estado presente desde los 50, su uso por el sistema de justicia es relativamente reciente.

El ADN se usó por primera vez en un caso criminal en Gran Bretaña en 1986 cuando el profesor Alec Jeffreys ayudó a resolver el asesinato y violación de dos adolescentes. (Hasta 1992 la Academia Nacional de Ciencias no aprobó el uso del ADN de manera oficial

para juicios). Después de que dos chicas de quince años fueran asesinadas en 1983 y 1986, la policía arrestó originalmente a un joven con un historial de enfermedades mentales, pero el profesor Jeffreys no estaba convencido de que la policía tuviese al hombre correcto. Tras analizar el semen recogido de los cuerpos, Jeffreys pidió a todo el mundo en la pequeña ciudad de Narborough que se sometiera voluntariamente a un test de ADN. Al principio, no surgió ningún culpable. Finalmente la policía descubrió que un panadero de nombre Colin Pitchfork le había pagado a otra persona para que diese una muestra de sangre en su lugar, y cuando la policía interrogó a Pitchfork confesó ambos crímenes. Al suministrar su propio ADN, la policía vio que coincidía y pudo arrestarlo.

Uno de los primeros test de ADN en un tribunal en los EE.UU. se utilizó en lo que se llamó el «juicio del siglo» —como se conocía en la calle el juicio por asesinato al que fue sometido la estrella del deporte O. J. Simpson. Aunque el ADN de Simpson fue encontrado en la escena del crimen, la fiscalía no pudo convencer al jurado de la culpabilidad de Simpson. El uso del ADN en un juicio aún era algo nuevo, y aunque los científicos y los abogados expusieron el hecho, la defensa convenció al jurado de que la prueba podía haber sido contaminada. Este caso dejó claro lo importante que era que los investigadores recibieran un cuidadoso entrenamiento para la recogida de pruebas, y también, como resultado, los laboratorios criminales comprendieron la importancia de estar certificados para realizar este tipo de pruebas.

A finales de los 90, los laboratorios forenses comenzaron a adoptar un nuevo método de análisis llamado STR (o microsatélites) que reduce el tiempo de análisis de semanas a días y usa patrones que se repiten unas pocas de veces, entre cinco y treinta en la mayoría de los casos. También mejora la precisión —al principio del uso forense del ADN, la posibilidad de error era de uno entre cien mil; con el método de micro satélites es de uno entre un billón.

§. Imaginad qué más podemos aprender

En enero de 2006, unos científicos japoneses anunciaron que habían localizado el gen que dicta qué tipo de cera en los oídos tiene la gente. Resulta que hay dos tipos de cera: húmeda y seca. La forma húmeda predomina (97 por ciento de la población) en África y en Europa. La clase seca es más frecuente entre asiáticos orientales. La población en el sur y centro de Asia está más o menos al 50 por ciento.

Aunque puede que la cera de los oídos no os importe mucho, quizá esta información adicional sea de vuestro interés. Los científicos dicen que el tipo de cera y el olor de las axilas están relacionados. Las poblaciones con cera seca, como los de Asia del este, tienden a sudar menos y a tener poco o ningún olor corporal. Aquellos con cera húmeda sudan más y tienen más olor corporal.

Uso de las huellas dactilares

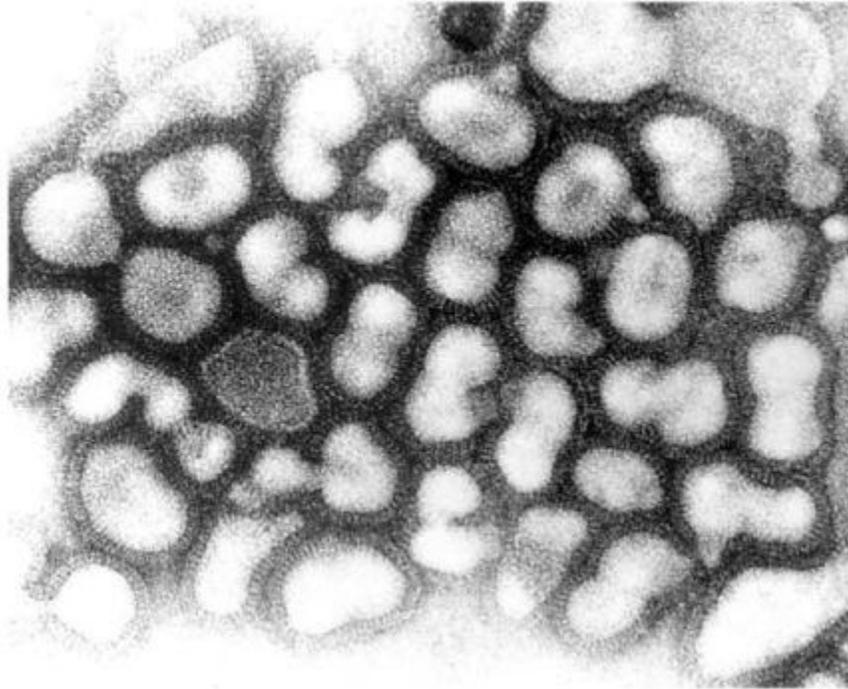
Aunque el ADN gradualmente está dejando obsoleto el uso de las huellas dactilares en las investigaciones criminales, es interesante

mirar atrás a la primera vez que las huellas fueron usadas en un caso de asesinato. Con este tipo de prueba también hicieron falta treinta años de experimentos antes de que se aceptasen.

En 1905, dos tenderos, marido y mujer, fueron encontrados golpeados hasta morir en su tienda en Deptford, una pequeña ciudad a las afueras de Londres, y el cajón del dinero, que contenía diez libras había sido robado. Un tal inspector McNaughton, que había estado aprendiendo a identificar huellas dactilares, estaba entre los que examinaron la escena. Cuando inspeccionó la caja, encontró en la parte de abajo la huella de sudor de un pulgar. La envió para que la identificaran, y aquella prueba pronto condujo al arresto de uno de los dos hermanos responsables del crimen.

Una de las grandes ventajas del ADN sobre las huellas dactilares en este momento es que las pruebas de ADN se pueden almacenar. La base de datos de ADN de aquellos que han tenido encuentros con la justicia ha permitido que la policía revise casos antiguos. Muchos prisioneros han sido liberados basándose en el hecho de que su ADN no coincidía con el encontrado en la escena del crimen, y en muchos casos, los criminales cuyo ADN ha aparecido en el sistema han sido conectados con asesinatos y violaciones cometidos muchos años atrás.

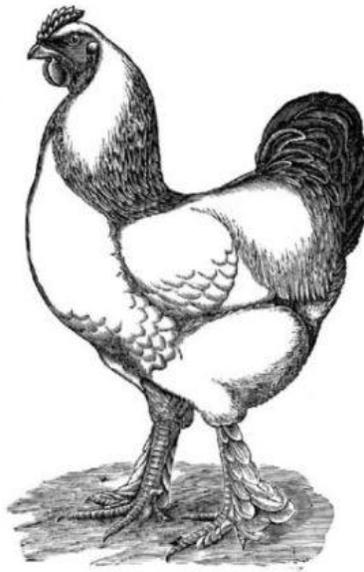




Virus influenza A, el virus que causa la gripe aviar. Micrografía electrónica de transmisión de viriones en tinción negativa (claros sobre fondo oscuro). Fuente: Dr. Frskine Palmer, Imagen de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Centers for Disease Control and Preventions).

Capítulo 9

La gripe aviar¹



Contenido:

- §. Un peligroso virus y su alargada sombra*
- §. ¿Por qué preocuparse tanto por esta gripe? ¿Cómo puede mutar el virus?*
- §. Lo que necesita hacerse*
- §. Lo que se ha aprendido del virus de la gripe de 1918*
- §. El futuro incluye las enfermedades zoonóticas*
- §. Por qué es necesario que prestemos atención*

¹ Nota de los editores: Kate Kelly publicó esta obra en 2006, antes de la «crisis» que supuso la pandemia de gripe A h2N1 de 2009 en humanos, conocida popularmente como gripe porcina. En abril de 2009 se detectó un brote de gripe en México, que causó más de 20 muertes. El primer caso se detectó el 28 de marzo, según la conferencia de prensa ofrecida el 23 de abril del 2009 por la doctora Nancy Cox. Poco después, se conoció que su causa no era debida a un virus exclusivamente porcino, sino a una nueva cepa de virus de gripe A h2N1 que contenía material genético combinado de una cepa de virus de gripe humana, una cepa de virus de gripe aviar, y dos cepas separadas de virus de gripe porcina. El 11 de junio de 2009 la OMS la clasificó como de nivel de alerta seis; es decir, «pandemia en curso». El 10 de agosto de 2010 anunció el fin de la pandemia, 14 meses después y tras haber dado la vuelta al mundo. La pandemia tuvo una mortalidad baja dejando tras de sí unas 19 000 víctimas.

§. Imaginad si pudiésemos haber detenido el SIDA

§. Esperanzas para el futuro: medicina de la conservación

§. Un peligroso virus y su alargada sombra

Mientras escribo esto, la gripe aviar es probable que se convierta en la mayor historia científica del siglo XXI. Los científicos están bastante preocupados con que este virus, que se extiende por la población de aves mundial, pueda mutar para extenderse entre los humanos, convirtiéndose en una pandemia a escala global.

Las pasadas pandemias se han extendido por el mundo en dos y a veces en tres oleadas, y como el mundo se ha vuelto más interdependiente, está garantizado que cualquier gran pandemia de los próximos años se dará a escala global. Si esta se extendiese, se estima que el 20 por ciento de la población mundial enfermaría; 30 millones de personas necesitarían ser hospitalizadas y un cuarto de estos morirían. La Oficina de Presupuestos del Congreso de los EE.UU. ha estimado que una pandemia severa podría infectar a 90 millones de estadounidenses, mataría a dos millones y haría que la economía entrase en recesión. Las escuelas cerrarían, el absentismo laboral sería alto y los viajes aéreos caerían dos tercios. En octubre de 2005 el presidente Bush anunció que consideraría usar el ejército para forzar cuarentenas en caso de que se produzca un brote en los Estados Unidos. (Para entender el posible colapso de las infraestructuras bajo estas circunstancias, solo necesitamos pensar en Nueva Orleans en septiembre de 2005, cuando el mundo fue

testigo del fracaso de todos los sistemas de ayuda hacia los residentes del área del Golfo en caso de tormenta).

Incluso en el caso en que solo se dé una forma suave de gripe, la Oficina de Presupuestos del Congreso predice una caída de la demanda en todas las industrias de alrededor del 3 por ciento, un 17 por ciento de caída en los viajes, y un 20 por ciento en la asistencia a recreaciones y restaurantes.

La comunidad científica ha estado advirtiendo de este peligro durante varios años, pero solo recientemente los expertos han podido captar por parte del gobierno la atención que merece el problema. La vergüenza por la respuesta de emergencia en el caso del huracán Katrina, añadida al hecho de que la población de aves con la gripe aviar se está moviendo, pueden explicar en parte el despertar de los Estados Unidos ante esta amenaza. Puede que otros países también estén prestando atención, ya que las aves salvajes transportan la enfermedad por las avenidas del aire y ven cómo sus aves domésticas y patos están siendo diezmados por la enfermedad.

De modo que, ¿cómo está la situación? Como explica el capítulo, nadie está seguro de lo grave que es. Las pandemias de gripe suelen ocurrir cada treinta años, y para que una epidemia se califique como pandemia han de darse las siguientes condiciones:

1. Ha de emerger un nuevo subtipo de virus
2. Ha de infectar a los humanos causando graves enfermedades en grandes porciones de población en una amplia área geográfica.

3. Ha de extenderse fácil y prolongadamente entre los humanos.

Mientras escribo esto, las primeras condiciones ya se han dado, pero quizá tengamos suerte y el virus no mute nunca de manera que se transmita a los humanos. Pero incluso si somos afortunados, esta gripe ha de ser vista como una llamada de atención. Como veréis en este capítulo, necesitamos de manera desesperada un sistema de vigilancia de enfermedades global que busque enfermedades en tanto humanos como en animales para proteger a la humanidad.

§. ¿Por qué preocuparse tanto por esta gripe?

El virus de la gripe H5N1 es una cepa Tipo A mortal. (El nombre es una abreviación de la descripción científica de su estructura). La enfermedad ha estado ya asolando pollos y patos en Asia durante muchos años. La primera transmisión a humanos ocurrió en Hong Kong en 1997, y hasta la fecha, la enfermedad parece matar a la mitad de personas que infecta. En comparación, la gripe estacional que ataca cada invierno mata tan solo una pequeña fracción de los que enferman. Aún así, mueren por esta causa cada año 36.000 estadounidenses.

Términos y estadísticas

GRIPLE ESTACIONAL: Una enfermedad respiratoria contagiosa causada por un virus de la gripe y a menudo ocurre en invierno.

EPIDEMIA: Surgimiento de una enfermedad que afecta a mucha gente de una comunidad a la vez.

GRIPE PANDÉMICA: Una epidemia que alcanza proporciones mundiales. Ha habido tres gripes pandémicas en el siglo veinte: en 1918, 1957 y 1968. Las tres condiciones para una pandemia son: emerge un nuevo virus, infecta y causa serias enfermedades a los humanos, se extiende fácilmente.

GRIPE AVIAR: Una enfermedad causada por un virus de gripe aviar que ocurre naturalmente entre las aves y en raros casos es transmitida a los humanos.

GRIPE H5N1: Una cepa de la gripe aviar que es altamente contagiosa y fatal y que se ha extendido de aves a humanos. La H y la N son proteínas que cubren el virus.

Estadísticas de muertes por gripe durante pandemias

GRIPE DE 1918: 50 millones en todo el mundo. (Esta gripe mató a más personas que la Primera Guerra Mundial. A diferencia de la mayoría de las epidemias de gripe, la mayor parte de las víctimas fueron personas sanas entre quince y treinta y cuatro años).

1957 GRIPE ASIÁTICA: 700.000 personas en los EE.UU.

1968 GRIPE DE HONG KONG: 500.000 personas en los EE.UU.

FIEBRE ESTACIONAL: 400.000 personas en EE.UU.

Fuente: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades

Hasta ahora, el virus se extiende por medio de las aves migratorias que no parecen enfermar directamente, de modo que pueden volar varios cientos de kilómetros tras la infección. Entonces durante una semana más o menos parecen extender el virus en los lagos o marismas donde aterrizan. Otras aves salvajes se infectan, vuelan y extienden aún más la enfermedad. Las aves domésticas que se encuentran con las salvajes o beben del agua donde estas han estado, enferman. En los pájaros domésticos, el virus parece ser más virulento y mata más rápidamente. Se piensa que el virus se vuelve más virulento en poblaciones que viven en espacios cerrados. Hasta la primavera de 2005 el virus estaba confinado al Sureste Asiático. En julio de 2005 aves infectadas lo habían llevado hasta Siberia, donde la avenida aérea norte-sur se encuentra con la este-oeste. Como resultado ya se ha extendido hasta Turquía e Iraq.

Desde 2003, la OMS ha informado de que han sido identificados pacientes con el virus H5N1 en Vietnam, Camboya, China, Indonesia, Tailandia y, más recientemente, Turquía e Iraq. El número de personas infectadas y fallecidas se incrementa cada año. Según la OMS, ha habido hasta ahora unos 140 casos en humanos en Asia y, más recientemente, al menos 15 en Turquía. El número oficial de casos y muertes solo incluye aquellos casos confirmados por la OMS, siendo posible que otros hayan enfermado y muerto sin seguir tratamiento médico.

En enero de 2006 se anunció que una chica iraquí de quince años había muerto de gripe aviar tras tocar un pájaro muerto infectado.

Debido a la proximidad de Iraq con Turquía a nadie le sorprendió que la enfermedad se hubiese extendido. Sin embargo, los expertos en gripe señalan que esta es su pesadilla: que penetre en la población humana antes de que se pueda hacer nada. Si se informa de los brotes cuando aún la enfermedad se encuentra en la población aviar, hay formas de intentar evitar que se propague. Una vez que un área ha sido infectada el tiempo suficiente para que se extienda entre la población, es mucho más difícil de controlar. Por ejemplo, Turquía permitió que la enfermedad viajara a través del país, de modo que ahora están intentando controlar 55 brotes en quince provincias. Hasta la fecha, parece que todos aquellos que han contraído la mortal enfermedad estaban en contacto directo con patos, pollos o probablemente palomas infectadas. No hay aún evidencias concluyentes de que el virus se transmita entre personas. Pero los virus mutan rápidamente, y se teme que el virus evolucione hacia una forma que se pueda extender entre la población.

Hay «buenas y malas noticias» con respecto a este virus. Las malas son que hasta ahora el virus ha matado a más de la mitad de las personas que ha infectado (como resultado de una transmisión de ave a humano). Si hay buenas noticias (o al menos esperanzadoras) es que el H5N1 ha circulado en Asia durante unos doce años y aún no se ha transmitido entre personas.

§. ¿Cómo puede mutar el virus?

Los científicos saben que hay dos posibles formas de que el virus se convierta en uno que se pueda transmitir entre humanos. La primera es si se combinan las cepas de la gripe aviar y la humana. La mezcla genética puede ocurrir cuando una persona es infectada por ambas cepas a la vez.

La segunda posibilidad es que el propio virus sufra una mutación suficiente como para realizar el salto. Un análisis reciente de la cepa de la gripe de 1918 (véase el cuadro de texto correspondiente) indica que es probable que sea fácil que la gripe mute por sí misma.

¿Es esto otro «que viene el lobo»?

El escenario pintado por los expertos no es más que una especulación (aunque con base científica) que la mayoría de los líderes mundiales se están tomando en serio. Y como siempre, todo el mundo se acuerda del cuento del lobo.

En 1976 hubo una gran preocupación debido a que la gripe porcina comenzó a infectar a la gente, y al mando de Gerald Ford, el gobierno de los EE.UU. trató de activar rápidamente un programa de vacunación nacional. Finalmente fue vacunado un tercio de la población adulta, pero la epidemia de la gripe porcina nunca se retiró. En el análisis final, más gente sufrió los efectos secundarios de la vacuna (incluyendo el síndrome de Guillain-Barre) que de la propia gripe.

Esto hace que el gobierno no se atreva a actuar de manera agresiva. La dificultad está en evaluar el riesgo y decidir si la gripe aviar es una amenaza real. Y de hecho, a fecha de

2006, el mundo está comenzando a convencerse de que es una posibilidad muy real.

§. Lo que necesita hacerse

El plan ideal para tratar con la gripe H5N1 era controlar la enfermedad antes de que se estableciese. Esto incluiría eliminar el virus en las aves domésticas en el extranjero (vacunar a las aves o eliminarlas antes de que el virus se extienda por aves migratorias) antes de que pueda mutar a una cepa que se transmita entre humanos. Una temprana detección y una rápida respuesta a la gripe aviar a escala global podría reducir drásticamente los costes de tratar con una pandemia humana. Ya que parece que hemos perdido la capacidad de controlar el virus de esta forma, debemos acudir al «Plan B», es decir, hacer planes con vistas a un virus que se transmite entre humanos. Las dos vías para luchar contra el virus son la vacunación (la mejor opción) y los medicamentos antivirales.

Crear una vacuna no es fácil. Cada año, los fabricantes de vacunas para la gripe estacional tienen que deducir qué gripe surcará el planeta al invierno siguiente. Las vacunas existentes son inútiles contra el H5N1, de modo que combatirlo con una vacuna requerirá anticiparse a las mutaciones para que cualquier vacuna creada ataque al virus correcto.

El proceso de fabricación de vacunas es en sí mismo todo un desafío. Hasta ahora, el proceso incluía inyectar un virus de gripe en un huevo de gallina fertilizado, mezclar un virus «salvaje» con

uno de «laboratorio» para asegurarse de que el virus se replica dentro del huevo y así se convierta en una vacuna. El «método del huevo» requiere nueve meses desde que se identifica que el virus es un riesgo hasta la distribución de la vacuna, y no es tiempo suficiente para que se cree un suministro mundial.

Ahora los científicos tienen un proceso más rápido de crear vacunas que emplea la genética inversa. Con este método, el virus vivo de la gripe se inserta en los lazos de ADN llamados *plásmidos*. Los plásmidos se unen al virus de la gripe en el laboratorio. Al usar la genética inversa, los científicos pueden crear exactamente el tipo de virus que necesitan sin tener que añadir virus de laboratorio. Deberían poder crear la vacuna básica en un tiempo mucho más corto (probablemente en cuatro semanas).

Si no hay tiempo suficiente para crear la vacuna —o si la creada no es efectiva— entonces los doctores tendrán que recurrir a los medicamentos antivirales. Dos de ellos, el oseltamivir (vulgarmente conocido como Tamiflu) y el zanamivir (Relenza) pueden reducir la severidad y duración de la enfermedad. Ambos pertenecen a la clase de inhibidores de las neuraminidasas (inhiben la actividad de la proteína del virus de la gripe) y han de comenzar a suministrarse antes de cuarenta y ocho horas de los primeros síntomas. A menudo los medicamentos antivirales acaban siendo inefectivos si se usan demasiado, de modo que no hay garantía de que funcionen cuando se les necesita.

§. Lo que se ha aprendido del virus de la gripe de 1918

La virus de la gripe H5N1 está más cerca en su composición al de la gripe de 1918 que cualquier otro que haya en circulación, por esta razón se ha considerado de interés el virus de la gripe española.

La gripe de 1918 comenzó como una gripe humana normal que circuló en los EE.UU. en 1918. En verano el virus alcanzó los campos de batalla de la Primera Guerra Mundial. Allí, entre los que estaban en las trincheras, camiones, trenes y hospitales del frente occidental, se volvió letal, al igual que la gripe aviar hace entre aves apiñadas en las granjas.

Debido a que los científicos de la época no habían aprendido a aislar virus para su estudio, no había datos ni maneras fáciles de aprender nada de la pandemia. El doctor Jeffery Taubenberger, jefe del departamento de patología molecular del Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas en Washington, creyó que aquel virus tenía una historia que contar, de modo que desarrolló un plan para recrear el virus y estudiarlo. En un proyecto de diez años finalizado en el otoño de 2005, Taubenberger y su equipo aislaron y comenzaron a estudiar la gripe española.

Trabajando bajo extremas condiciones de seguridad para no poner en peligro al personal o permitir que el virus escapara, Taubenberger y su grupo de investigación localizaron tejido pulmonar de dos soldados que murieron de la gripe de 1918 en un almacén de tejidos de autopsias fundado por el presidente Lincoln. La importancia de un manejo cuidadoso del virus fue demostrada recientemente cuando unas pruebas del virus del SRAS (síndrome

respiratorio agudo severo) en Pekín causaron que varios trabajadores del laboratorio se infectaran con el virus.

Recibieron una tercera muestra de un patólogo retirado, Johan Hultin de San Francisco, que se gastó su dinero en ir a Alaska, donde le dieron permiso para excavar un cuerpo de una fosa común en una comunidad en la que habían muerto setenta y dos adultos de la gripe de 1918. Debido a que la tumba estaba en permafrost, los cuerpos habían estado congelados todo este tiempo. Extrajo tejido pulmonar de una mujer y se lo envió a Taubenberger para que lo estudiara. El propio Taubenberger se ocupó de conseguir muestras de las aves del Smithsonian que habían muerto en 1918-1919 para poder identificar que era un virus aviar.

Aunque hizo falta una década para componer el virus, los investigadores no solo han analizado el virus, sino que han llevado a cabo experimentos de intercambio de genes para determinar qué debilita al virus y qué lo hace más fuerte.

Al comparar la gripe de 1918 con los virus de hoy, Taubenberger descubrió que el virus tenía alteraciones en entre 25 y 30 de sus aminoácidos. Aquellos cambios (menos de los esperados) hicieron que un virus aviar se transformara en un virus asesino que podía extenderse entre la población. El virus de la gripe aviar actual ya ha realizado 5 de los 10 cambios encontrados en el virus de 1918.

Nada nuevo bajo el sol

Aunque la posibilidad de una pandemia de gripe aviar tiene la atención de la prensa y el público, es interesante echar la

vista atrás y ver que otras enfermedades también han causado este tipo de alarma. El 13 de julio de 1883, el New York Times habló de que el cólera se extendía en Egipto, y el artículo estaba acompañado de historias de París y Londres. En París, la Comisión de Higiene decretó que Louis Pasteur viajara a Egipto a ofrecer su ayuda, en Londres, el Sr. Gladstone anunció ante la Cámara de los Comunes que el gobierno enviaría al Cirujano General Británico que tenía experiencia en tratar el cólera.

§. El futuro incluye las enfermedades zoonóticas

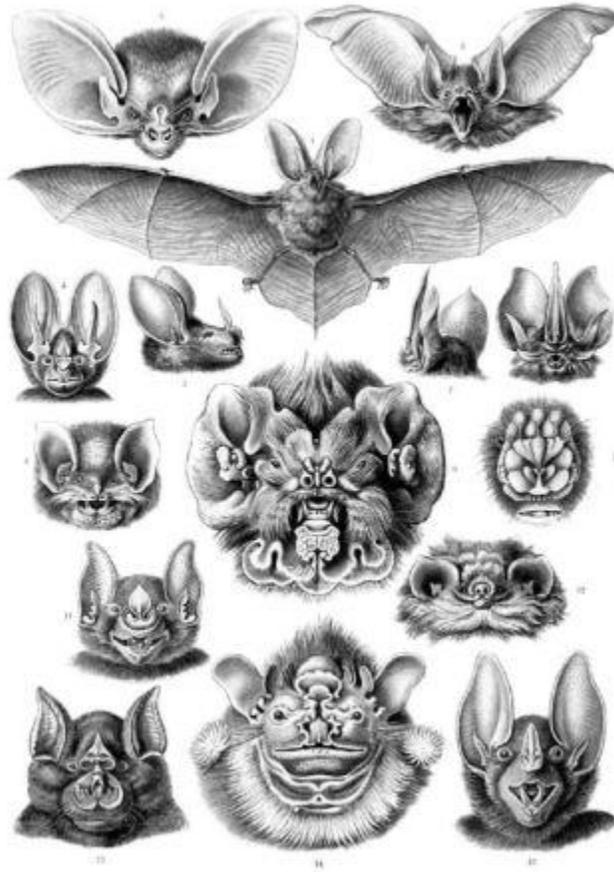
En los últimos treinta años, ha habido un gran incremento en el número de nuevas enfermedades que han saltado de la fauna salvaje a los humanos, y han resultado ser bastante graves: el SIDA, el ébola, la enfermedad de Lyme, la gripe aviar, el virus del Nilo Occidental, la viruela del simio, y la SRAS están entre ellas.

Debido al rápido cambio del comportamiento humano y la ecología animal, las infecciones se extienden cada vez más. Cuando múltiples especies de animales se encuentran viviendo en gran densidad, se hace posible que los patógenos salten entre especies, y hoy más de la mitad de los casos que surgen han sido transmitidos de animales a humanos. Estas enfermedades están surgiendo debido a cambios en las actividades de los humanos como el comercio con la vida salvaje y los viajes alrededor del mundo.

§. Por qué es necesario que prestemos atención

Las enfermedades no conocen fronteras. Aunque en el pasado se localizaran brotes, hoy en día los brotes en un país pueden rápidamente convertirse en un problema para los países al otro lado del mundo. Incluso si la amenaza de la gripe aviar pasa y no nos afecta demasiado, el mundo no debe dormirse en los laureles.

Solo hace falta que recordemos 2003 y el brote de SRAS (síndrome de respiración aguda severa). Durante varios meses el SRAS ocupó los titulares de todos los medios de comunicación. Esta enfermedad se extendió rápidamente a 30 países en el mismo número de días matando a más de 800 personas y aterrorizando a millones. El miedo se apoderó de los Estados Unidos cuando surgió un brote en Toronto, demostrando que la enfermedad podía salir de Asia y llegar casi a cualquier lugar. Todos nos asustamos con las noticias de los ciudadanos de Hong Kong y otras grandes ciudades en el este de China que llevaban máscaras para evitar la transmisión de la enfermedad. Se pusieron en marcha restricciones en los viajes, y la enfermedad arruinó el turismo y los aeropuertos en varios países y causó otros efectos secundarios; desde el cierre de escuelas y cuarentenas hasta varias formas de discriminación.



Aunque resultan muy beneficiosos en el control de muchos insectos, los murciélagos actúan también como reservorios naturales en algunas zoonosis muy importantes: la rabia, el síndrome respiratorio agudo severo, Henipavirus y posiblemente el virus Ebola. Su movilidad, distribución y comportamiento social los convierten en hospedadores y vectores ideales para muchas enfermedades. En general parecen tener alta tolerancia para albergar patógenos y a menudo no desarrollan la enfermedad aunque sean portadores.

La desaceleración del SRAS llegó cuando los científicos rastrearon el origen a un coronavirus que era albergado por gatos y perros, considerados delicias culinarias en el sureste de China. Pero el virus

originalmente provenía de los murciélagos. Los mercados que ofrecían fauna salvaje (jaulas repletas de animales a la venta) fueron clausurados, y la diseminación de la enfermedad decreció.

La renuencia de China a admitir el brote fue en gran medida responsable de lo que finalmente fue una crisis temporal. Si el gobierno se hubiese mostrado inclinado a prestar atención a lo que pasaba, quizá el miedo y las prohibiciones en los viajes nunca habrían ocurrido.

Tanto el SRAS como la gripe aviar se generan en reservas de fauna salvaje (organismos que albergan parásitos patógenos para algunas especies pero que no dañan al huésped), y la mejor forma de detener la enfermedad es eliminar las reservas. Es crucial identificar las reservas de estos patógenos emergentes para que los científicos puedan entender cómo surge la enfermedad y predecir y prevenir brotes futuros.

§. Imaginad si pudiésemos haber detenido el sida

Cuando se habla del SIDA, todo el mundo parece aceptar que entre ciertas poblaciones de nuestra sociedad moderna, el virus del VIH es uno de los peligros. Originalmente, por supuesto, el SIDA era una sentencia de muerte, matando de manera rápida a los jóvenes. Hoy los cócteles farmacéuticos mantienen a las víctimas vivas y con cierta comodidad garantizándoles una calidad de vida aceptable a pesar de la enfermedad.

Pero nada de esto debía de haber sucedido. El SIDA fue por primera vez reconocido en los Estados Unidos en la primavera de 1981, y

hubo al menos 181 casos a finales de año. Hicieron falta otros dos años para que los científicos relacionaran la enfermedad con el virus VIH, y compararan el ADN del VIH con el ADN de varios virus relacionados. Los investigadores creen que el virus hizo el salto a los humanos cuando dos virus inmunodeficientes de simios se combinaron en los monos. Los chimpancés a veces matan y se comen otros monos, y los científicos creen que la enfermedad entró en la población chimpancé y de ahí pasó a los humanos que cazaban y comían chimpancés infectados. El VIS chimpancé (virus inmunodeficiente simio) se convirtió en el mortal VIH cuando infectó a los humanos. Imaginad las vidas que se podrían haber salvado y el dinero que habría estado disponible para gastar de otra forma si hubiese estado en marcha algún tipo de sistema de vigilancia global cuando comenzó a surgir el SIDA.

§. Esperanzas para el futuro: medicina de la conservación

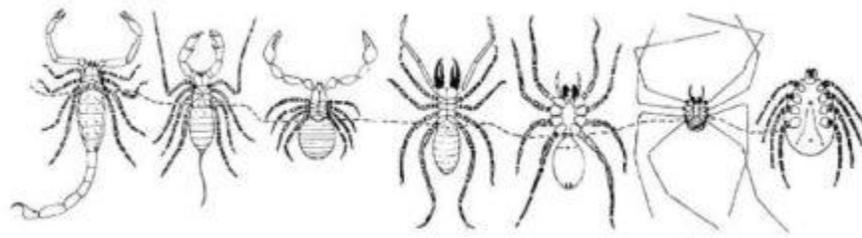
El estudio científico ha revelado que los ecosistemas dañados — caracterizados por las toxinas, la degradación del hábitat, la desaparición de especies y los cambios en el clima— han creado condiciones para que los patógenos se muevan de manera inesperada, incluso de animales a hombres. El Wildlife Conservation Trust creó el Consortium for Conservation Medicine, con la intención de combinar los esfuerzos entre científicos y el personal médico para interrumpir las rutas de transmisión y prevenir brotes futuros de la enfermedad.

Cerca de casa, los científicos señalan lo que ha ocurrido con la enfermedad de Lyme. Aunque los patógenos que causan la enfermedad llevan aquí mucho tiempo, no crearon un problema para los humanos hasta muy recientemente cuando cortamos los bosques en busca de espacio para los hogares del extrarradio.

La enfermedad de Lyme llega a los humanos fundamentalmente a través de garrapatas que a menudo viajan en ratones de patas blancas. En este proceso faltan los animales que habrían vivido en los bosques y que habrían ayudado a mantener el equilibrio de la naturaleza. Las ardillas, las comadreas y los zorros son pobres reservas para la enfermedad de Lyme, de modo que podían coexistir con las garrapatas sin extender la enfermedad. También cazaban ratones reduciendo su número. Como resultado, es menos probable que una garrapata en las Adirondacks tenga la enfermedad que una de los suburbios.

Una inferencia similar con la naturaleza ha ocurrido con el incremento en la destrucción de las selvas peruanas. Ha habido una explosión de mosquitos portadores de malaria que se multiplican en los charcos soleados creados por las operaciones de tala. (Para más información sobre la malaria, véase el capítulo 5).

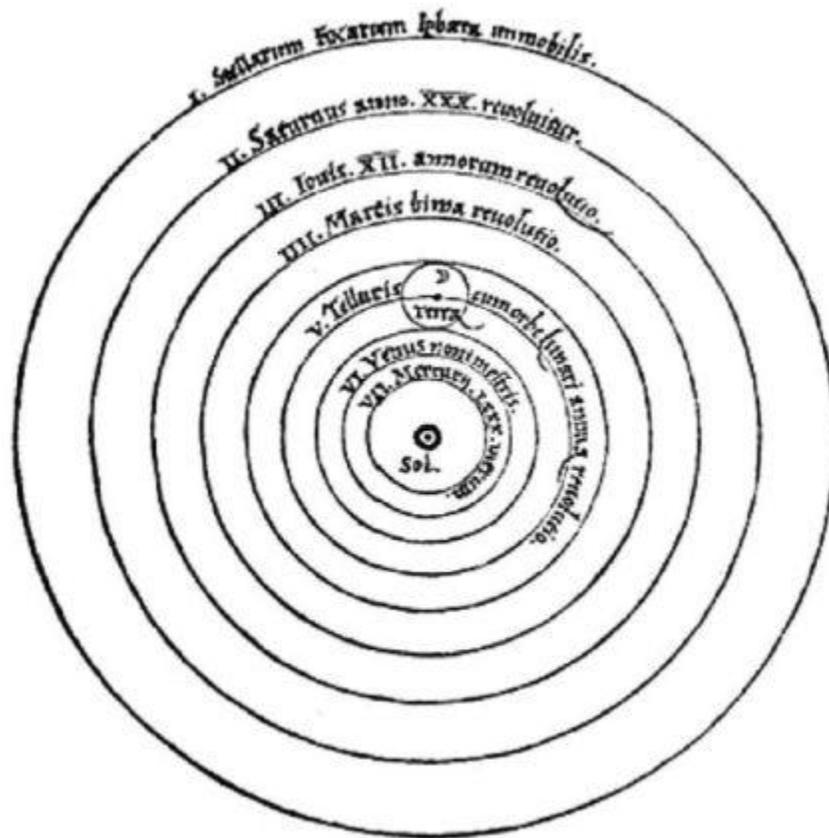
Esto es un problema global que requiere una atención mundial tanto a la ecología de nuestro planeta como a lo que ocurre en las poblaciones de humanos y de fauna salvaje. Si prestamos atención y actuamos, podríamos cambiar muchas cosas.



Los arácnidos son una clase de artrópodos quelicerados de la que han sido descritas más de 102 000 especies. Después de los insectos y los vertebrados amniotas, son el grupo zoológico que con mayor éxito se ha adaptado al medio aéreo. Incluye formas tan conocidas como las arañas, los escorpiones y los ácaros; un superorden de éstos últimos son las garrapatas (parasitiformes), representada en el último lugar de la ilustración.

Parte III

Asombrosos descubrimientos que cambiaron nuestra visión del universo



La visión de Copérnico sobre el universo en la obra De revolutionibus orbium coelestium

Capítulo 10

La revolución copernicana

Contenido:

§. *Una historia de cuatrocientos años*

§. *El despertar tras la edad media*

§. *Se añade un secreto, una introducción*

§. *Muerto pero no olvidado*

§. *Bruno y el mensaje copernicano*

§. *Galileo demuestra su teoría*

§. *« ¡Escándalo! »*

§. *Lo que nos conduce hasta el siglo XX*

§. Una historia de cuatrocientos años

Cuando pensamos en una revolución, tendemos a pensar en un momento definido en el que todo cambia. Sin embargo, al examinar una revolución de cerca, puedes ver que de hecho tiende a ser lenta en llegar y que conduce a un complejo reordenamiento del pensamiento. Lo que llamamos revolución copernicana es un perfecto ejemplo de esto. Aunque Copérnico realizó la mayor parte de su trabajo a principios del siglo XVI, su revolución de hecho comienza en el siglo II a. C., salta hasta el siglo XVI, donde toma velocidad, y finalmente «descansa» en 1992, durante el siglo XX.

En cuanto a la revolución, ¡vaya historia! Conciérne al propio Copérnico, por supuesto, así como a otros científicos famosos, un filósofo, la Iglesia Católica, al sol y a todos los planetas que se conocían en el siglo XVI. Engaños, política y el castigo de dos discípulos de Copérnico —uno sufrió arresto domiciliario y el otro fue quemado en la hoguera (aunque para ser honestos, la filosofía copernicana solo fue una parte de las causas de su muerte) — son parte de esta fascinante historia.

Pero para entender por qué se le concede a Copérnico el nombre de una revolución, tenemos que retroceder en la historia y entender la percepción que se tenía del universo. Aunque no tenían instrumentos para observar el cielo, los antiguos griegos habían identificado varios planetas y sabían que viajaban a través del cielo (la palabra *planeta* proviene de la palabra griega que significa «errante»). Para explicar lo inexplicable, la gente creaba mitos, y así los griegos explicaban el movimiento del sol diciendo que el dios griego Helios se despertaba con el cacareo de los gallos y conducía un carro de fuego tirado por cuatro caballos a través del cielo cada día. Cuando alcanzaba su palacio en el oeste, usaba un bote dorado para cruzar el océano hasta su palacio oriental. Así repetía el mismo viaje al día siguiente.

El mito fue finalmente reemplazado por la ciencia. El estudio de los cielos, que pronto se llamaría astronomía, fue una de las primeras ciencias en desarrollarse. La gente comenzaba a comprender que los movimientos en el cielo eran predecibles y que por lo tanto podían estudiarse. También comprendieron que las observaciones de las fases de la luna podían anotarse —y predecirse— con un calendario. Hacia el siglo II d. C., Claudio Ptolomeo, un astrónomo y geógrafo griego nacido en Egipto, expuso la idea de que los cielos consistían en una serie de esferas que rotaban y que contenían y movían los planetas y las estrellas. Creía que los planetas y el sol orbitaban alrededor de la Tierra en este orden: Mercurio, Venus, sol, Marte, Júpiter, Saturno. Su sistema predecía movimientos planetarios, eclipses y muchos otros acontecimientos celestiales, y durante casi

1500 años fue la mejor explicación que había para lo que ocurría en el universo.

El calendario que usamos hoy

En el año 46 a. C., julio César introdujo el calendario juliano (con 365 días y un día extra añadido al cuarto año o bisiesto), y es la base del que usamos hoy en día.

Durante generaciones la labor principal de los astrónomos fue desarrollar y mantener tablas en el calendario, un elemento vital para el éxito agrario así como en los campos de batalla, e importante también para la sincronía adecuada de las observancias religiosas.

§. El despertar tras la edad media

En el tiempo de Copérnico (1473-1543), Europa emergía de un periodo en el que había habido pocos avances en ciencia, arte o literatura. Sin embargo, en el siglo XVI, la Reforma Católica estaba en marcha. De nuevo empezaba a valorarse la erudición, y los intelectuales comenzaban a revisar de nuevo los escritos clásicos.

El tío de Copérnico, un obispo, consiguió que lo hicieran canónigo de Frombork (Frauenburg), Polonia, un puesto que conservó de por vida. Debido a que las obligaciones eran pocas y el sueldo era adecuado, Copérnico pudo perseguir su interés por la astronomía. Aunque las complejas matemáticas de Ptolomeo que explicaban gran parte de lo que ocurría en el cielo aún eran el paradigma, los astrónomos, incluido Copérnico, estaban comenzando a evaluar de

nuevo algunos aspectos del trabajo del astrónomo griego. Había observaciones que no encajaban con lo que veían y había cálculos matemáticos que no cuadraban. Copérnico también se sintió intrigado por una teoría que el astrónomo griego Aristarco (circa 310-230 a. C.) había expuesto: el universo no giraba en torno a una tierra estacionaria y sugería que el sol era el centro del universo. Copérnico comenzó a trabajar con la idea de que los planetas — incluyendo la tierra— giraban alrededor del sol. Hacia 1513 Copérnico estaba listo para compartir con los demás un breve resumen de sus nuevas ideas.

Con el tiempo, Copérnico formalizó su pensamiento en *Sobre el movimiento de las esferas celestiales*. En la primera sección del libro, Copérnico introdujo su creencia de que el universo era heliocéntrico (el sol era el centro). El 95 por ciento restante del libro estaba dedicado a fórmulas matemáticas que apoyaban su hipótesis. Aunque muchos de sus modelos geométricos estaban basados en gran medida en Ptolomeo, Copérnico quería explorar si las distancias secuenciales de los planetas así como sus periodos orbitales podían calcularse más precisamente con una perspectiva heliocéntrica que con una en la que la tierra fuese el centro del universo.



Photochrom de la plaza donde se encuentra el monumento homenaje a Copérnico en Warsaw, Polonia, realizada entre 1890 y 1900.

(Library of Congress)



Sello conmemorativo del 500 aniversario del nacimiento de Copérnico.

Quizá fuese su sensación de deber hacia la Iglesia que le había dado los medios para estudiar, o quizá fue por temor a que lo catalogaran de lunático o herético, Copérnico no intentó publicar su trabajo. Ciertamente, esta decisión se podría haber visto afectada por el hecho de que la información en aquellos días se extendía fundamentalmente de boca a boca. Pocas personas sabían leer, y como los trabajos eruditos de la época se escribían en latín, la audiencia para el material escrito era muy limitada.

Sin embargo, otros creyeron que era importante que Copérnico publicara su trabajo. George Joachim Rheticus (1514-1574), un profesor de matemáticas en la Universidad de Wittenberg, había

conocido a Copérnico en 1539, y Copérnico le había permitido que publicara su primer informe sobre el trabajo de Copérnico. Quizá debido a que no hubo gran controversia con la obra de Rheticus, Copérnico permitió que llevara el manuscrito completo de *Sobre el movimiento de las esferas celestiales* a Nüremberg, la localidad más cercana donde podía imprimirse el libro.

§. Se añade en secreto una introducción

Las obligaciones magisteriales de Rheticus evitaron que se quedara para supervisar el proceso y le pidió al clérigo luterano Andreas Osiander (1498-1552) que se hiciera cargo de la impresión. Sin que Rheticus ni Copérnico fuesen conocedores de ello, Osiander insertó un prefacio sin firmar en el libro declarando que el autor no afirmaba que la tierra de hecho se moviese alrededor del sol... simplemente era una buena hipótesis en la que basar modelos matemáticos eficientes. Debido a que el prefacio iba sin firmar, muchos asumieron que estaba escrito por Copérnico, dando credibilidad por tanto a la afirmación de Osiander de que la idea de un universo heliocéntrico era tan solo una sugerencia, y por lo tanto sirvió para cambiar el mensaje.

La historia está dividida en cuanto al efecto de las acciones de Osiander. Algunos sostienen que este prefacio minimizó la sorprendente información, y como resultado, los científicos se pusieron a trabajar directamente sobre la nueva hipótesis sin preocuparse de las reacciones ya que la veían como una hipótesis, no como una verdad. Otros escriben que al hacer lo que hizo,

Osiander borró el mensaje de Copérnico. Fuese cual fuese el efecto, hacia 1543, cuando el libro se publicó, Copérnico se estaba muriendo. Se dice que recibió una copia del libro publicado en su lecho de muerte, pero no sabremos nunca si esto fue así.

Desde nuestra privilegiada posición actual es fácil encogerse de hombros y decir: « ¡Qué idiotas! ¿Por qué no comprendieron rápidamente que Copérnico tenía razón?»

Pero para las personas del siglo XVI, el pensamiento de una tierra que orbitase era absurdo, y la idea de Copérnico no hizo mella. Desde el punto de vista científico, eran tiempos primitivos. Todas las observaciones del cielo se hacían a simple vista ya que no había telescopios ni equipo científico avanzado. Si la tierra, como Copérnico sugería, daba vueltas, ¿por qué no se caía nadie? Aún si no entraban en este asunto, se podían preguntar por qué al lanzar una flecha hacia el cielo caía en el mismo lugar tal y como Aristóteles había señalado. Para los contemporáneos de Copérnico, esto probaba que la tierra no se había movido mientras la flecha volaba. La oposición era enorme e incluía a los intelectuales de la época, los líderes religiosos, y más importante, a los seguidores de las enseñanzas de la Biblia, pues se interpretaba que las escrituras aseguraban que el sol «gira» alrededor de una tierra inmóvil.

§. Muerto pero no olvidado

Pero Copérnico y sus ideas estaban destinados a no ser olvidados. El noble y astrónomo danés Tycho Brahe (1546-1601) realizó

avances en el campo que permitieron que otros continuaran explorando estas teorías.

Desde la adolescencia, Tycho se interesó por la astronomía. Sus observaciones de una nova (1572) y de un cometa (1577) comenzaron a interesarle por el sistema planetario. En la época, los astrónomos creían que cada planeta giraba dentro de su propia esfera, pero Tycho concluyó que si un cometa podía pasar a través de los cielos sin apenas esfuerzo, entonces las esferas que se pensaba albergaban a los planetas alrededor de la tierra probablemente no existían en absoluto.

La obra de Tycho llegó a ser conocida por el rey danés, quien le dio dinero para construir un observatorio y también le concedía la isla de Hveen, donde construirlo. Tycho creó instrumentos muy avanzados y usó un cuadrante (un instrumento para medir la altitud de los cuerpos celestiales, usando un arco graduado de 90 grados con un radio móvil) para registrar la posición de todo desde dos ángulos diferentes. Tycho incluso registró las variaciones de sus materiales al ver que el metal encogía un poco durante las frías noches danesas. Finalmente inventó un sextante (un instrumento de navegación que contenía un arco graduado de 60 grados, usado para medir las distancias angulares de los cuerpos celestiales y así determinar la latitud y la longitud), que suministraba mayor precisión.

Tycho también instituyó la práctica de observar algo en más de una ocasión y usando diferentes instrumentos. (Por contra, Copérnico

gastó poco tiempo observando los cielos y se basó fundamentalmente en observaciones hechas por otros).

Tycho estaba en desacuerdo con Copérnico en cuanto al movimiento de la tierra. En su opinión, sus mediciones mostraban que la tierra estaba inmóvil y que la luna y el sol orbitaban alrededor de ella. Los otros cinco planetas eran satélites del sol, que los transportaba en su órbita alrededor de la tierra.

Tycho Brahe murió en 1601, y su obra fue heredada por su ayudante, Johannes Kepler (1571-1630), un diestro matemático alemán que se había unido a Tycho dos años antes. Kepler heredó del astrónomo una gran cantidad de los datos más precisos jamás obtenidos de las posiciones de los planetas, y en su obra, Kepler hizo nuevos descubrimientos. Fue Kepler el que dedujo que los planetas se movían en órbitas elípticas (la ley de las elipses) en lugar de, como habían asumido todos los que le habían precedido, circulares. Hoy sabemos que los planetas no se mueven en elipses perfectas debido a la atracción gravitacional de otros planetas. Sin embargo, el descubrimiento de Kepler fue muy importante porque rompió con el hechizo que ejercían los círculos. Las otras dos leyes de Kepler fueron la de las áreas iguales —una línea imaginaria trazada desde el centro del sol al centro del planeta barre áreas iguales en tiempos iguales— y la ley de los periodos —el cuadrado del periodo orbital de un planeta (el tiempo requerido para que un planeta dé una vuelta alrededor del sol) es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita.

Kepler escribió *La armonía del mundo*, que explicaba la aritmética del descubrimiento de Copérnico de que cuanto más lejos está un planeta del sol, más tiempo tarda en completar una órbita. Entonces en 1618, 1620 y 1621, Kepler publicó su *Epítome de Astronomía Copernicana*.

En 1631, un año después de la muerte de Kepler, un astrónomo francés, Pierre Gassendi (1592-1655), se convirtió en el primer observador en la historia en ver Mercurio cruzando el sol, cumpliéndose así una predicción hecha por Kepler. El resultado de esta revelación fue que el trabajo de Kepler y sus teorías fueron tomados muy en serio.

§. Bruno y el mensaje copernicano

Aunque solo unos pocos conocían a Copérnico y su mensaje, su influencia no se limitaba a los científicos. Giordano Bruno fue un filósofo italiano renacentista que incorporó las teorías de Copérnico a sus escritos. Como filósofo, y no científico, ignoró los cálculos matemáticos que concentraban la atención de los astrónomos y escribió sobre su creencia de que el universo era infinito (un concepto revolucionario para su época) y que las estrellas eran de hecho otros soles en los confines infinitos del espacio. También creía firmemente en la teoría copernicana de un universo heliocéntrico. Avanzó la visión copernicana de que la tierra no era el centro del universo y creía que la tierra giraba y que la rotación diurna de los cielos era una ilusión causada por la rotación de la tierra alrededor de su eje.

Bruno enseñó y viajó por Europa, pero era una figura controvertida que parecía encontrar problemas allí donde iba. En 1591, tras la muerte del conservador Papa Sixto V, Bruno creyó que la Inquisición perdía fortaleza y que sería seguro, después de haberse mostrado franco en su crítica a la Iglesia, volver a Italia. Desafortunadamente para él, aún lo buscaban. Fue arrestado en 1592 y extraditado a Roma, donde fue encarcelado durante seis años. Finalmente se le concedió una audiencia y se le dio la oportunidad de retractarse de sus ideas, entre ellas el apoyo a Copérnico. Tras negarse a renunciar a sus opiniones, fue declarado hereje, fue transferido a las autoridades seculares y quemado en la hoguera el 17 de febrero de 1600.

Aunque la ciencia durante mucho tiempo ha afirmado que Bruno murió por sus creencias copernicanas, el cargo contra él estaba relacionado con su enseñanza de que Jesús no tenía cuerpo físico y que su presencia física era una ilusión. Aunque no hay duda de que su copernicanismo fue un factor en su juicio por herejía, no fue el problema principal.

En 1603 todos los escritos de Bruno fueron incluidos por la Iglesia en una lista de obras prohibidas; y siguieron en esa lista durante casi cuatrocientos años.

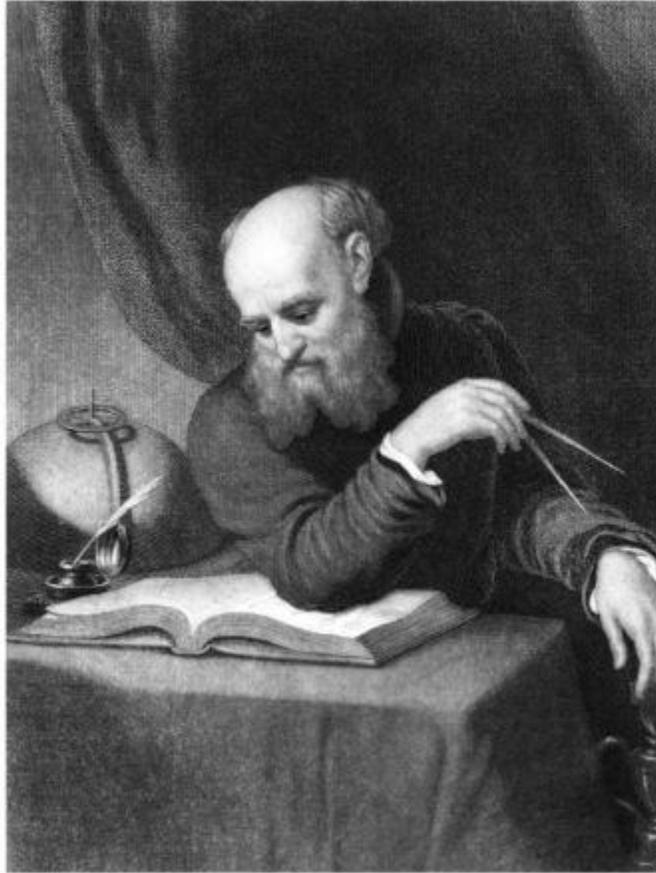
§. Galileo demuestra su teoría

Aunque Bruno ofendió a muchos de múltiples maneras, Galileo Galilei (1564-1642), que realizó grandes avances para la ciencia, fue

condenado a sufrir el castigo por solo una cosa: demostrar que Copérnico tenía razón.

A veces se cita a Galileo como inventor del telescopio, pero lo que hizo fue generalizar su uso. Ciertos científicos en los Países Bajos crearon el telescopio y Galileo lo mejoró. Algunos instrumentos de los que creó aumentaban hasta 30 veces lo observado. Con estas herramientas más poderosas clarificó la teoría de Aristóteles de que la Vía Láctea estaba formada por estrellas y descubrió que Júpiter tenía hasta cuatro satélites, lo cual reforzaba la teoría de que la Tierra tenía un satélite (la luna) y de que no todos los objetos giraban en torno a la Tierra.

Aunque habían pasado setenta y cinco años, la gente no entendía realmente lo que había dicho Copérnico, de modo que Galileo se encargó de diseminar sus propios descubrimientos y de relacionarlos con los de Copérnico. Publicó sus conclusiones en *Mensajero sideral*. Muchos dudaban de la información que se obtenía a través de los telescopios, pero Galileo promovió las teorías de Copérnico.



Retrato del físico y astrónomo italiano Galileo Galilei (1564-1642) sentado en su escritorio con un libro de estudio. (Samuel Sartain)

En *Mensajero sideral* y más tarde en *Cartas sobre las manchas solares* (1613), Galileo tuvo cuidado de no ser muy estridente en su apoyo a Copérnico. Como devoto católico, no tenía interés en ofender a sus patronos. En esta era posterior a la Reforma, era fácil ganarse enemigos, y Galileo no guardó en secreto sus creencias. Lo acusaron de negar las verdades de las escrituras al declarar que el sol estaba quieto.

§. «¡Escándalo!»

Los acontecimientos tomaron un giro nefasto para Galileo. En 1616 la Inquisición advirtió a Galileo de que no defendiese la hipótesis establecida en la obra de Copérnico por ser herética, pues refutaba una interpretación literal de la Creación según la cual «Dios fijó la Tierra sobre sus cimientos, para que jamás fuese movida». Galileo accedió a permanecer en silencio, y todo se calmó hasta 1623, cuando un íntimo amigo del astrónomo se convirtió en Papa y pareció dar permiso tácito a Galileo de que ignorase la prohibición y escribiese un libro con sus opiniones. El resultado fue *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*, que incluía una discusión entre dos intelectuales: uno que proponía un universo geocéntrico y el otro uno heliocéntrico, y un lego neutral pero que estaba interesado en la materia. Aunque el libro presentaba la visión geocéntrica de la iglesia, la persona que la exponía no le ganó a Galileo amigos ya que era caracterizado como un idiota.

El libro fue publicado en 1632 con la aprobación de los censores católicos, pero la Iglesia pronto se enfureció y Galileo fue convocado a juicio ante la Inquisición Romana en 1633. A través de una larga serie de interrogatorios, Galileo se defendió diciendo que la investigación científica y la fe cristiana no eran excluyentes y que el estudio del mundo natural promovería una comprensión e interpretación de las escrituras. Pero sus opiniones fueron juzgadas como falsas. Los inquisidores finalmente convencieron a Galileo de que renunciara a todo lo que había escrito respecto a sus creencias copernicanas, y como resultado, por deferencia a su edad, mala salud y a haber accedido a la renuncia, Galileo fue arrestado en su

hogar el resto de su vida. Sus escritos fueron añadidos a la lista de obras prohibidas por la iglesia.

§. Lo que nos conduce hasta el siglo XX

Y sorprendentemente hemos de continuar esta historia a finales del siglo XX. En 1992, Juan Pablo II estableció una comisión para estudiar las acciones de la Inquisición contra Galileo. Un artículo en el *New York Times* del 31 de octubre de 1992 afirma: «Más de 350 años después de que la Iglesia Católica Romana condenara a Galileo, el Papa Juan Pablo II está dispuesto a rectificar una de las equivocaciones más infames de la Iglesia —la persecución del astrónomo y físico italiano por demostrar que la Tierra se mueve alrededor del Sol» (Alan Cowell, «After 350 Years, Vatican Says Galileo Was Right: It Moves», *New York Times*, 31 de octubre de 1992).

«Hoy en día sabemos que Galileo estaba en lo cierto al adoptar la teoría astronómica de Copérnico», cita el *Times* al Cardenal Poupard, jefe de la investigación.

Juan Pablo II también trató de rectificar otra equivocación. Bajo su liderazgo la Iglesia expresó oficialmente una «pena profunda» y reconocimiento de error por la condena a muerte de Bruno.

Aunque hizo falta un siglo para que se reconociese la revolución copernicana, no hay duda del efecto de ella en el mundo de la ciencia. A pesar de que no lo hizo solo, Copérnico transformó la visión de la humanidad con respecto a su lugar en el universo. Y eso, de hecho, es una revolución.

Los restos de Copérnico desenterrados

En 2005, ciertos arqueólogos anunciaron que creían haber encontrado los restos de Copérnico bajo el altar de una catedral polaca. Una reconstrucción informática de los restos muestran la cabeza de un hombre de unos setenta años, la edad de Copérnico cuando murió en 1543, una cicatriz y la nariz rota que encajaban con lo que se ve en los retratos del astrónomo.



Uno de los libros más significativos de Galileo es Diálogo. El grabado del frontispicio muestra a tres estudiantes de Astronomía: de izquierda a derecha, Aristóteles (384-322 a. C.), Ptolomeo (90-168 d. C.), y Nicolás Copérnico (1473-1543). Ptolomeo tiene una esfera armilar con la Tierra en su centro, mientras que Copérnico soporta un modelo heliocéntrico del sistema solar.



Sir Isaac Newton, 1^{er} Conde de Portsmouth.

Capítulo 11

Cómo cambió Isaac Newton nuestra visión del universo

Contenido:

§. *Cómo llegó Newton a estudiar ciencias*

§. *Las leyes del Newton*

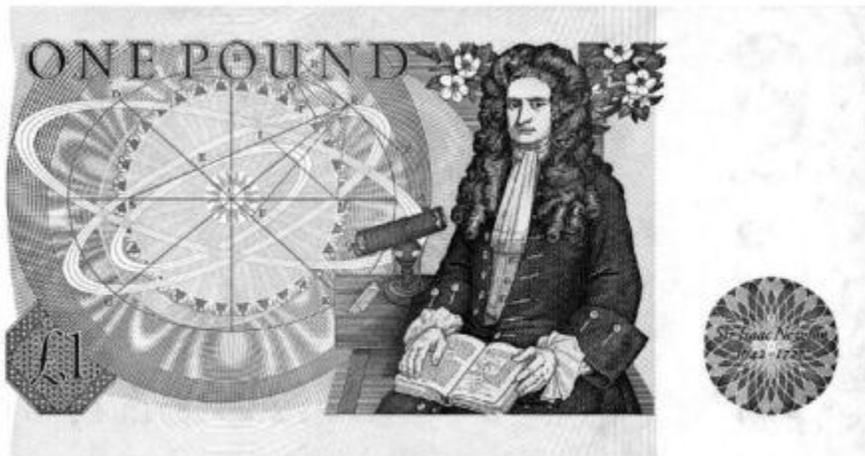
§. *La ley de gravitación universal de Newton*

§. *Escribiendo los principia*

Isaac Newton se ganó su lugar como padre de la ciencia moderna al cambiar por completo la manera en la que la ciencia era concebida. Los conceptos sobre la gravedad y la mecánica de Newton, aunque ahora se sabe que no son del todo correctos, representaron un enorme paso adelante en la evolución de la comprensión del universo. (Einstein hizo que esta comprensión avanzara con su teoría de la relatividad; véase el capítulo 13). Como resultado, es considerado uno de los mayores científicos de la historia.

Newton no solo desarrolló teorías revolucionarias sobre el movimiento, sino que también concibió una ley universal de la gravedad y contribuyó a lo que sabemos sobre la luz y el color. En su tiempo libre, Newton creó una nueva forma de matemáticas porque comprendió que no podía usar las de su tiempo para calcular cosas tales como los movimientos de los planetas. Lo que él llamó el método de flujos y que hoy conocemos como cálculo se usa en todas las ramas de las ciencias físicas, ingeniería, economía, negocios y medicina. (Si leéis más sobre Newton, sabréis de un

contemporáneo, Gotfried Leibniz, que vivió de 1646 a 1716 y que también practicó el cálculo, negó que Newton lo inventara).



Billete de una libra con la efigie de Newton.



Plano de Cambridge donde aparece el Trinity College (zona central).

Supuestamente allí tuvo lugar la archiconocida anécdota del manzano de Isaac Newton.

§. Como llegó Newton a estudiar ciencias

Isaac Newton (1642-1727) nació en el seno de una familia de granjeros del condado de Lincolnshire, Inglaterra. Su padre murió tres meses antes de que naciera, y cuando Newton tenía tan solo dos años, su madre fue a vivir con su nuevo marido, dejando que la abuela criara a Isaac. Se reunió con su madre tras la muerte de su padrastro cuando tenía diez años. Newton fue a la escuela pero fue un estudiante mediocre (los informes escolares lo describen como «ocioso» y «distráido»). Nadie habría predicho que un día sería reconocido como una de las mayores mentes de todos los tiempos.

Cuando tenía diecisiete años, su familia lo sacó del colegio e intentó que aprendiera el negocio familiar. Newton rogó volver al colegio y en 1661 se matriculó en el Trinity College de Cambridge. Era mayor que la mayoría de sus compañeros, y aunque su familia tenía dinero, entró como sizar, un estudiante que recibe dinero de una beca a cambio de actuar como sirviente de otros estudiantes.

Los primeros dos años de estudios en Cambridge estaban dedicados al estudio de Aristóteles, pero el tercer año, se les permitía libertad académica. Newton entró en contacto con la filosofía de Descartes (inventó la geometría analítica y trabajó en las leyes del movimiento), Gassendi (fue uno de los que se enfrentaron a las enseñanzas de Aristóteles y fue uno de los primeros en creer en la existencia de los átomos o «materia en movimiento»), Hobbes (aunque más conocido por su filosofía política de gobierno civil, Hobbes fue importante para Newton por su rechazo de la filosofía

aristotélica y escolástica en favor de la «nueva» filosofía de Galileo y Gassendi), y Boyle (fundó el estudio de la química como ciencia autónoma y tuvo como objetivo «mejorar el conocimiento natural por medio de la experimentación»). Newton también estudió la mecánica de la astronomía copernicana, así como el trabajo de Galileo y Kepler. En uno de sus cuadernos, escribió una afirmación en latín que rezaba: «Soy amigo de Platón, soy amigo de Aristóteles, pero soy más amigo de la verdad».

Aristóteles y su alargada sombra

Aristóteles, que vivió en el siglo IV a. C. (384-322) escribió de manera tan excelente e inteligente para su época —y para los tiempos venideros— que durante 1800 años los científicos basaban su trabajo en sus enseñanzas. Aristóteles escribió sobre una vasta cantidad de temas, y entre ellos estaba su opinión de que el universo era geocéntrico (que todo daba vueltas alrededor de la tierra). Como habéis leído en el capítulo 10, durante el siglo XVII, había personas trabajando en este tema. Copérnico, Brahe, Kepler y Galileo llegaron a creer que Aristóteles estaba equivocado y que el universo era heliocéntrico (que todo daba vueltas alrededor del sol), pero aún no habían ideado un método para demostrar sus teorías. Las matemáticas de flujos de Newton (el cálculo) pudieron hacerlo.

Además, Newton lanzó un concepto de la gravedad que anulaba la concepción de los elementos de Aristóteles. Según

Aristóteles, que no conocía la gravedad, el movimiento de la naturaleza estaba enraizado en el hecho de que todas las cosas están compuestas por cuatro elementos: tierra, aire, fuego y agua. Basándose en esto, predijo que «los iguales se atraen», así los elementos con más tierra en ellos se reunían, y el fuego, por otra parte, era repelido por la tierra, explicando por qué el fuego ascendía.

La habilidad de Newton para hacer que la ciencia avanzase —más allá de Aristóteles— y para demostrar sus teorías contribuyó a que dejase una huella indeleble en la ciencia.

Los libros de historia cuentan que hay que darle las gracias a la Gran Plaga que asoló Inglaterra a mitad de la década de 1660 de que Newton realizara sus grandes avances científicos. Una de cada siete personas que vivía en Londres murió por la peste bubónica, de modo que en el verano de 1665, la universidad envió a todo el mundo a casa para tratar de evitar que se expandiera la enfermedad. Así Newton volvió a Lincolnshire. Durante este tiempo de estudio solitario, cuando aún no tenía veinticinco años, puso las bases de sus revolucionarios avances en matemáticas, óptica, física y astronomía.

§. Las leyes de Newton

En su obra, Newton desarrolló tres leyes del movimiento y demostró que se aplicaban a todos los movimientos. Para formular estas leyes, Newton buscaba patrones, al igual que habían hecho otros

científicos antes que él. Newton, sin embargo, dividió todos los movimientos físicos en dos categorías separadas: movimiento uniforme, el movimiento de un objeto viajando en una dirección a velocidad constante o un objeto en reposo, y aceleración, que se aplicaba a cualquier elemento que cambiase de dirección o de velocidad. Los planetas estaban en esta segunda categoría. Estas son las tres leyes:

1. **Todo cuerpo continúa en un estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él.** Los cambios en el movimiento no se producen de forma espontánea. Siempre hay una razón para el cambio. La bola seguirá rodando, y el libro seguirá en la estantería (en un estado continuo de inercia), hasta que una fuerza actúe sobre ellos. La bola se detiene cuando pones el pie delante de ella o cuando la fricción hace que pare, y el libro cae cuando lo empujas.
2. **La fuerza es igual a la masa por la aceleración.** Esta ley define la relación entre la masa de un objeto, su aceleración y las fuerzas ejercidas sobre él ($F = ma$). Esta ley puede usarse para determinar la velocidad de cualquier cosa; desde una bala de cañón a una bola de béisbol o una nave espacial, y afirma que cuanto mayor sea la fuerza neta o total aplicada a un objeto, mayor será la aceleración.
3. **Por cada acción hay una reacción igual y opuesta.** Básicamente esta ley afirma que todo movimiento está en

realidad compuesto por dos iguales y opuestos. Cuando nadas, empujas el agua hacia atrás y el agua reacciona empujándote hacia adelante. Aunque es la ley más conocida, es también la menos intuitiva pues nunca pensamos que sea el agua la que nos empuja al remar. En 1904, la unidad de la fuerza fue llamada newton en su honor. Un newton se define como una unidad de fuerza igual a la fuerza que imprime una aceleración de un metro por segundo al cuadrado a una masa de un kilogramo; es igual a 100 000 dinas (medida que usa centímetros, gramos y segundos) y un poco menos de un cuarto de libra, que es igual al peso de una manzana de tamaño medio.

Debido a que Newton no solo creó las leyes sino también el lenguaje matemático para realizar cálculos con estas leyes, ideó la habilidad de cuantificar el mundo natural. Como resultado, este método científico puede usarse para derivar ecuaciones exactas que resuelvan problemas específicos; desde cómo construir un rascacielos a cómo crear una atracción de feria.

§. La ley de gravitación universal de newton

Newton también redefinió el concepto de gravedad. Aunque el astrónomo alemán Johannes Kepler (1571-1630) había ideado empíricamente los cimientos matemáticos para describir los movimientos planetarios (sus leyes de movimientos planetarios), y Galileo Galilei había presentado relaciones empíricas de cómo caen

los objetos (primeros estudios sobre la gravedad y el movimiento), estas áreas —celestes y terrestres— eran vistas como campos separados.

Newton fue el que comprendió que Galileo y Kepler estudiaban lo mismo, y desarrolló su ley de gravitación universal: entre cualesquiera dos objetos hay una fuerza de atracción directamente proporcional al producto de las dos masas dividido por el cuadrado de la distancia que los separa. En otras palabras, una manzana que cae al suelo y la luna que orbita alrededor de la tierra son afectadas por la gravedad de la misma manera.

La idea misma de que una flecha, una bola lanzada, los planetas y nuestra propia sangre están controlados por las mismas leyes del movimiento era un pensamiento realmente revolucionario. El trabajo de Newton significó el fin de multitud de enfoques de prueba-error para aprender las cosas, porque de repente la naturaleza era predecible de tal manera que los experimentos podían ahora demostrar o falsear las hipótesis.

Con la ley de la gravitación universal Newton cerró el círculo de su obra. Tenía la fuerza —la gravedad— que operaba en todo, y tenía las leyes —las del movimiento— que regían los efectos de todas las fuerzas. De repente, con estas teorías y las fórmulas correspondientes, los científicos pudieron comenzar a predecirlo todo de una nueva manera.

Uno de los primeros en emplear de manera exitosa las leyes de Newton fue Edmond Halley (1656-1742), famoso gracias al Cometa Halley. Usando informes históricos y las leyes de Newton, Halley

describió la órbita del cometa que ahora lleva su nombre. Cuando el cometa reapareció el día de Navidad de 1758, como había predicho (desafortunadamente murió antes de que esto ocurriese), el suceso subrayó con fuerza la idea de que el universo funcionaba como un inmenso reloj y demostró que era posible realizar predicciones fiables.

Hoy sabemos que el reloj del universo no es del todo predecible. Aunque la mecánica de Newton predice correctamente cómo se comportan los planetas y los objetos cotidianos, no explica con exactitud el comportamiento de objetos diminutos como los átomos, como tampoco explicaba el comportamiento de los objetos que viajan casi a la velocidad de la luz. En la década de 1920 un nuevo tipo de mecánica (la mecánica cuántica) evolucionó para explicar con mayor detalle el universo.

La teoría del caos es otro nuevo desafío para las teorías de Newton de la predictibilidad. Con ciertos sistemas, las condiciones iniciales apenas pueden medirse correctamente para predecir su comportamiento en el futuro. Por ejemplo, con el clima, no importa lo mucho que los meteorólogos midan la velocidad del tiempo, la temperatura del aire y la presión barométrica, nunca podrán predecir exactamente a qué hora comenzará a llover mañana, mucho menos cómo será el tiempo dentro de un año. La naturaleza caótica del movimiento atmosférico hace que sea difícil predecirlo.



Sir Isaac Newton está enterrado en la abadía de Westminster junto a personajes tan importantes como Charles Dickens, David Livingstone y Charles Darwin entre muchos otros. Nave central de la abadía de Westminster tomada entre el 1865 y el 1890. (Cornell University Library)

Sin embargo, el desarrollo de Newton del estudio del universo fue el primer ejemplo del método científico usado en el que había una imbricación entre la observación y la teoría que condujo a nuevas teorías y experimentos que modificaron las teorías existentes.

§. Escribiendo los *Principia*

La obra maestra de Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* o *Principios matemáticos de la filosofía natural*, más conocida como *Principia*, estuvo a punto de no ser escrita — ciertamente no habría sido publicada—, de no haber sido por Edmond Halley. En 1684 Halley visitó a Newton en Cambridge y le hizo una pregunta matemática sobre los planetas. Newton pudo responderla pero no pudo localizar el papel donde había escrito los cálculos. Halley le animó a escribir un artículo sobre el tema, y Newton hizo mucho más. Se retiró durante dos años y escribió su obra maestra, los *Principia*. Cuando la Royal Society de Londres, que tenía intención de publicar el libro, se retiró por problemas financieros, Halley pagó de su propio bolsillo la publicación (1687). El resultado fue la fama instantánea para Newton y un paso gigantesco para la ciencia.

Los *Principia* establecían las tres leyes del movimiento de Newton (un cuerpo no cambia su estado a menos que se ejerza sobre él alguna fuerza; un cuerpo seguirá moviéndose en línea recta hasta que otra fuerza actúe para cambiar su velocidad o para desviarlo; y toda acción tiene una reacción igual y contraria). También establecía su ley de gravitación universal (todo objeto en el universo ejerce una atracción sobre los demás).

Para un genio que había ejercido una influencia tan sorprendente en la ciencia, Newton realizó la mayoría de sus contribuciones científicas en su juventud. Más tarde, dedicó su tiempo a otras cosas, incluyendo la alquimia (una «ciencia» medieval que trataba de mutar los metales comunes en oro). Entonces en la década de 1690

escribió una serie de tratados religiosos y actuó como miembro del Parlamento entre 1689 y 1690. Se mudó a Londres en 1696 y se convirtió en guardián y finalmente maestro de la casa de la moneda, donde supervisó las acuñaciones y también persiguió a los acuñadores de monedas (una actividad ilegal) y a los falsificadores. Irónicamente, fue su trabajo en la casa de la moneda, en lugar de sus contribuciones a la ciencia, lo que le valió ser nombrado caballero (1705).

Las leyes del movimiento y de la gravedad de Newton suministraron los cimientos para predecir una gran variedad de situaciones científicas o de ingeniería, especialmente el movimiento de los cuerpos celestes. El cálculo resultó ser vital para el desarrollo de teorías científicas. Finalmente, unificó en un sistema satisfactorio de leyes muchos de los hechos físicos aislados que se estaban descubriendo.

La teoría de la relatividad general de Albert Einstein, la mejor teoría actual de gravitación, incorpora a Newton, Kepler y Galileo y avanza su trabajo. En el futuro, algunos físicos producirán un campo teórico unificado que haga que todo dé un paso más hacia adelante. Las verdaderas revoluciones son extremadamente raras en la ciencia. Todo evoluciona.



Tumba de Sir Isaac Newton.

Capítulo 12

Teoría atómica

Contenido:

- §. *Cómo descubrieron algo demasiado pequeño como para ser visto*
- §. *De nuevo los griegos*
- §. *Cada vez más cerca*
- §. *Se alza la niebla sobre la teoría*
- §. *Se realizan nuevos descubrimientos*
- §. *¡Son reales!*
- §. *La importancia de los experimentos de la lámina de oro*
- §. *Las características del átomo*
- §. *Organizar los elementos. La belleza de la tabla periódica*

§. Cómo descubrieron algo demasiado pequeño como para ser visto

Aunque ninguno de nosotros se despierta por la mañana y piensa en que nuestro pijama, nuestra cama, nuestro suelo, nuestra casa y nuestro desayuno están compuestos por átomos, es algo que todos «sabemos», lo hemos aprendido en clase de ciencias. Cuando Dupont creaba anuncios de televisión que prometían «una vida mejor gracias a la química», todos entendíamos de manera innata que la química era posible porque los científicos podían descomponer los objetos en átomos y reorganizarlos de manera diferente.

En muchos sentidos la ciencia de los átomos aún está en su infancia. Tan solo han pasado cien años —durante lo que ha llegado a conocerse como el «año milagroso» de Einstein (véase el capítulo 13) — desde que los científicos verificaron el hecho de que los átomos eran reales. Pero a pesar de la relativa juventud de la ciencia, nuestras vidas diarias han cambiado inmensamente gracias a lo que hemos aprendido. Vuestros encuentros diarios con los milagros de la química podrían llenar muchas páginas de este libro, así que basta decir que los complejos vitamínicos que tomas por las mañanas, la lycra de los pantalones de deporte, la mezcla química de gasolina que pones en el coche, el compuesto de madera del pupitre, y el delicioso pastel que tú u otro familiar cocina para el postre el fin de semana son posibles porque hemos entendido la química. Si nos alejamos de la vida cotidiana, podemos pensar en la composición química de la piel del transbordador espacial, la creación milagrosa de innumerables medicinas y la belleza de los fuegos artificiales durante el 4 de julio.

Desde que los humanos comenzaron a usar el fuego hace 1,5 millones de años, hemos sabido cómo producir y controlar las reacciones químicas. Lo que nos faltaba era entender cómo funcionaban. Hizo falta descubrir los átomos —los ladrillos de la naturaleza— para comenzar a desarrollar un programa de cómo conseguir que esas reacciones químicas pudiesen funcionar de manera aún más efectiva. La teoría atómica, el descubrimiento y comprensión de los átomos y cómo interaccionan, es una de las teorías más importantes en la historia de la ciencia. Pero ¿cómo se

concibe o descubre algo que es demasiado pequeño como para ser visto?

§. De nuevo los griegos

Desde el principio, la gente entendió que las sustancias que se podían comer eran diferentes de las que se usan para construir una cabaña, pero les faltaba entender en qué consistían esas sustancias. Un filósofo y científico griego del siglo V a. C., Empédocles, creía que toda la materia estaba compuesta por cuatro elementos (o como él los llama, «raíces»): fuego, aire, agua y tierra, y era la proporción en la mezcla de estos elementos lo que causaba la diferenciación. Un conejo contenía más agua que fuego, por eso era suave y tenía vida, mientras que una piedra dura e inanimada estaba principalmente compuesta por el elemento tierra. El reconocimiento de que las sustancias —incluso aquellas como la piedra que parecían «puras»— estaban hechas de una combinación de elementos fue un gran paso en el campo científico.

Unas décadas más tarde, otro griego adelantó una idea que podría haber cambiado el mundo; pero el mundo no estaba listo para ella. Demócrito (460-370 a. C.) comprendió que uno de los problemas de la teoría de Empédocles era que no importa las veces que rompas una roca, nunca llegas a conseguir nada que se parezca a los elementos. Demócrito sugirió que si continuases rompiendo la piedra en trozos cada vez más pequeños, finalmente llegarías a un punto donde los pedazos serían tan pequeños que no podrían ser divididos. Demócrito llamó a estos diminutos trozos *átomos*, que

significa «indivisible», y teorizó que los *átomos* de piedra eran únicos de la piedra, y los *átomos* de la piel eran únicos de la piel.

Desafortunadamente para el mundo, Aristóteles y Platón no estaban de acuerdo con Demócrito. A Aristóteles, que era muy influyente, le preocupaba la falta de pruebas y sostuvo que la idea de Empédocles sobre los elementos —fuego, aire, agua, tierra— era más probable. Como resultado, la teoría de Demócrito de los *átomos* nunca ganó peso.

Algo que quizá hayas olvidado de tu clase de ciencias

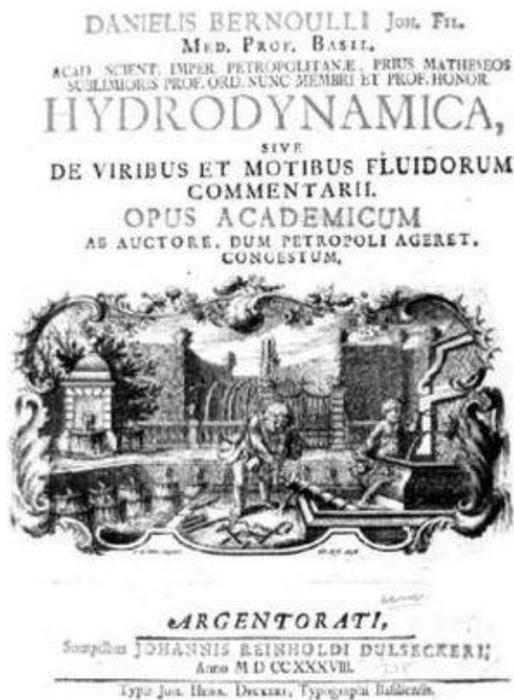
Hoy tenemos una definición científica muy diferente de la palabra «elemento». En 1660, Robert Boyle (1627-1691) reconoció que la definición griega de elemento (tierra, fuego, aire y agua) no era correcta. Boyle propuso una nueva definición del elemento como una sustancia fundamental, y hoy definimos a los elementos como sustancias fundamentales que están constituidas por átomos que todos tienen el mismo número de protones y que no pueden ser descompuestas por procedimientos químicos.

Un átomo hoy en día se define como una única unidad de un elemento. El átomo es la unidad más básica de la materia que compone todo en el mundo que nos rodea, y cada átomo retiene todas las propiedades físicas y químicas de su elemento matriz. Ahora sabemos que los átomos consisten de protones con carga positiva, neutrones con carga neutra y electrones con carga negativa.

La mayoría de las cosas que nos rodean son compuestas, sustancias formadas por la combinación química de dos o más clases de átomos. La partícula más pequeña de un compuesto es una molécula, que consiste de dos o más átomos.



Frontispicio y página (el título de la obra «Lezioni accademiche d'Evangelista Torricelli...», publicada en 1715.



HYDRODYNAMICÆ
SECTIO PRIMA.

Qua introitus est, varisque continet prænotanda.

§. I.

Duplex cum sit Theoria Fluidorum, quarum altera Hydrostatica, liquorum stagnantium pressiones & æquilibria variâ, altera Hydrodynamica, fluidorum motum spectans, fortassis pertractati a scriptoribus consueverunt, utranque vero tam arcto nexu inter se coherere perciperent, ut altera alterius ope plurimum regeret, hanc dulcissimi eas confundere, quantum ad ordines rerum potestatis videbatur, ambobus nomine communis & generaliori Hydrodynamici, esse comprehendi. Quamvis autem ab antiquissimis temporibus fuerit continuo exarata Theoria fluidorum, incrementa tamen non admodum notabilia cepit; veterum quidem Mathematicorum cognitio eo terminabatur, quod æ-

Página de título y página de la primera sección de la obra «Hydrodynamica» de Daniel Bernoulli, publicada en 1738

§. Cada vez más cerca

Tuvieron que pasar dos mil años para que alguien volviera a estudiar de manera útil la pregunta: ¿de qué están hechas las cosas? Fue de hecho un alumno de Galileo quien realizó unos descubrimientos muy importantes.

En 1643, Evangelista Torricelli, un matemático italiano, descubrió que el aire pesaba —demostró que el aire era capaz de empujar una columna de mercurio líquido (inventando de este modo el barómetro) —. Más tarde un matemático suizo, Daniel Bernoulli (1700-1782), llevó a cabo un estudio sobre la forma en la que el aire se movía sobre el ala de un pájaro. Determinó que el aire y otros

gases daban empuje al ala porque consisten de pequeñas partículas demasiado pequeñas como para ser vistas. Supuso que las partículas estaban sueltas en un volumen vacío de espacio y que no podían sentirse porque las pequeñas partículas se apartaban cuando una mano o un cuerpo humano se movían entre ellas. Razonó que si estas partículas no estaban en constante movimiento, se aposentaban como el polvo, de modo que sugirió que se movían continuamente y rebotaban entre sí. (¡Un pensamiento muy ingenioso!)

En 1773, el inglés Joseph Priestly descubrió que cuando el óxido de mercurio, una roca roja sólida, se calentaba podía convertirse en dos sustancias; un metal líquido plateado y un gas. Esto fue una prueba clave necesaria para que los científicos comenzaran a entender que las sustancias podían combinarse o descomponerse para formar nuevas sustancias con diferentes propiedades. El problema era ahora saber cuáles eran los componentes básicos al descomponerse las sustancias. Nadie hasta entonces lo había determinado.

§. Se alza la niebla sobre la teoría atómica

El que lo consiguió fue John Dalton (1766-1844), un profesor británico que se especializó en observar la climatología, y que expuso la primera teoría atómica moderna. La observación de Dalton del clima le condujo de hecho a desarrollar su teoría. Dalton vio que el agua, en forma de niebla, podía existir como gas que se mezclaba con el aire, sin embargo cuando el agua se congelaba, era

sólida y tenía que existir de manera separada. Dalton se preguntó por qué podía el agua a veces comportarse como un sólido y a veces como un gas. Realizó una serie de experimentos mezclando gases para determinar qué efecto tenían las propiedades de gases individuales en las propiedades de la mezcla en su conjunto y, gracias a estos experimentos, llegó a creer en la existencia de los átomos.

También comenzó a comprobar que la mayoría de las cosas podían descomponerse quemándolas o sumergiéndolas en ácido o por algún otro procedimiento. Cuando se encontraba con algo que no podía ser descompuesto, lo llamaba elemento (oxígeno, oro, azufre, hierro, etc...) Dalton pronto comenzó a comprender que los productos químicos tenían una proporción precisa de elementos. El agua —sin importar de donde viniese— siempre tiene una proporción de 2:1 de hidrógeno y oxígeno. Dalton supuso que cada elemento químico es representado por su propio átomo y que estos átomos se combinan de formas simples. El agua (H_2O) se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, por ejemplo.

Dalton llegó a la conclusión de que la teoría de Bernoulli de las pequeñas partículas era correcta, pero que la teoría se aplicaba a toda la materia: gases, sólidos y líquidos. Aunque expuso por primera vez sus ideas en 1803, su artículo sobre el tema, *A New System of Chemical Philosophy [Un nuevo sistema de filosofía química]*, no se publicó hasta 1808. Para entonces, Dalton había desarrollado cuatro conceptos principales de teoría atómica:

1. Toda la materia se compone de partículas indivisibles llamadas átomos.
2. Todos los átomos de un elemento dado son idénticos y tienen la misma masa; los átomos de elementos diferentes tienen diferentes propiedades.
3. Las reacciones químicas activan la reorganización combinatoria de dichos átomos, no la destrucción de los mismos.
4. Cuando los elementos reaccionan para formar compuestos, reaccionan en proporciones definidas y de números enteros.

Aunque algunos de los detalles de la teoría atómica original de Dalton son incorrectos, los conceptos fundamentales de ella —que las reacciones químicas pueden explicarse por la unión y separación de átomos y que estos átomos tienen propiedades características— son las bases de la ciencia moderna. Como muchas ideas nuevas en la ciencia, hicieron falta cincuenta años para que todo el mundo aceptara esta teoría.

§. Se realizan nuevos descubrimientos

A pesar incluso de que los científicos estaban de acuerdo sobre la teoría atómica, se daban cuenta de que los átomos estaban compuestos de sustancias aún más pequeñas.

Hasta finales del siglo XIX, el modelo aceptado de átomo era como una bola de billar, una pequeña esfera sólida. En 1897 J. J. Thompson (1856-1940) descubrió el electrón. Mientras trabajaba

con tubos de rayos catódicos, Thompson descubrió que cuando una corriente eléctrica pasaba a través del tubo, se podía percibir una corriente de material brillante. Notó que si había cerca una placa metálica cargada con corriente positiva, la corriente brillante se inclinaba hacia ella. Thompson decidió que el chorro estaba hecho de pequeñas partículas, trozos de átomos que llevaban una carga negativa (electrones).



Ernest Rutherford. (Library of Congress)

Este descubrimiento cambió drásticamente la visión moderna del átomo y llegó a conocerse como el «modelo de budín de pasas», que

Thompson propuso antes del descubrimiento del protón o del neutrón. En este modelo, el átomo está compuesto por electrones rodeados por una sopa de carga positiva, como pasas rodeadas por el budín. Pensaba que los electrones estaban posicionados de manera uniforme a través del átomo. Aunque supuso un avance para la ciencia, pronto sería desacreditada por el experimento con lámina de oro de Rutherford (véase más abajo).

§. ¡Son reales!

A pesar de que los científicos seguían realizando descubrimientos, aún no había manera de ver a los átomos, de modo que el debate continuó sobre si eran teoría o reales. Finalmente Albert Einstein (véase el capítulo 13) acabó con el debate en 1905 cuando explicó un fenómeno llamado el movimiento browniano. Cuando una pequeña partícula como un grano de polen es suspendida en un líquido y se observa a través de un microscopio, podemos ver que se mueve siguiendo un camino aleatorio. Einstein explicó que la partícula se movía debido a las colisiones con los átomos. Einstein además pudo explicarlo matemáticamente. Sin embargo, no se pudo documentar visualmente hasta 1980. « ¡Sonríe!» debió de ser la palabra clave en el laboratorio de la Universidad de Heidelberg en Alemania, donde finalmente se pudo obtener la primera fotografía de un átomo individual.

§. La importancia del experimento de la lámina de oro

En 1908 Ernest Rutherford realizó una serie de experimentos con partículas radioactivas alfa en lo que se conocería como «el experimento de la lámina de oro». Al lanzar pequeñas partículas alfa contra objetos sólidos como una lámina de oro, vio que, aunque la mayoría de las partículas alfa pasaban a través en ángulo siguiendo un camino en línea recta, un número menor rebotaban hacia atrás, como si hubiesen chocado contra una pared. El experimento de Rutherford sugería que la lámina de oro —y la materia en general— tenía agujeros, ya que dejaba pasar la mayoría de las partículas aunque unas pocas rebotaban.

Entonces, en 1911, Rutherford sugirió que los átomos consisten en un pequeño núcleo denso de partículas con carga positiva o núcleo del átomo, rodeado por un anillo de electrones que giran. El núcleo es tan denso y cargado positivamente que las partículas alfa con carga positiva rebotan, pero los electrones son tan pequeños y están tan dispersos que las partículas alfa pueden pasar por esa parte del átomo. La visión de Rutherford se asimilaba a un pequeño sistema solar con el núcleo de carga positiva siempre en el centro y los electrones girando alrededor de él. (A las partículas con carga positiva en el núcleo se les llamó protones, y tenían una carga similar pero opuesta a la de los electrones). Para dar una idea de la cantidad de espacio vacío dentro de un átomo, los profesores a menudo usan la analogía del Yankee Stadium: Si una bola (más pequeña que una bola de béisbol) se coloca en el montículo del lanzador representando el núcleo de un átomo de hidrógeno,

tendrías que caminar hasta el borde del estadio para toparte con los electrones.

En 1932, James Chadwick (1891-1974) descubrió un tercer tipo de partícula subatómica que llamó neutrón. Los neutrones ayudan a estabilizar a los protones en el núcleo del átomo. Ya que el núcleo está tan densamente compuesto, los protones de carga positiva se repelerían unos a otros. Los neutrones, que siempre tienen carga neutra, ayudan a reducir la repulsión y a estabilizar el núcleo del átomo.

En 1915, Niels Bohr (1885-1962) desarrolló aún más la teoría atómica gracias a su modelo de átomo, que pronto condujo al desarrollo de la teoría cuántica moderna. Los científicos comenzaron a sospechar que los átomos podrían estar compuestos por partículas aún más pequeñas llamadas *quarks*, y el debate sobre el asunto recordó al de los átomos. Pero esa es otra historia.

¡No digáis que los científicos no tienen sentido del humor!

Un neutrón entra en un bar y pregunta por el precio de una bebida. «Para usted nada», contesta el camarero.

¿Qué le dice un protón a un neutrón? «Intenta ser más positivo».

¿Qué le dice un neutrón a un electrón? «Eres muy negativo».

§. Las características del átomo

El peso de un átomo se determina aproximadamente por el número total de protones y de neutrones. Mientras que los protones y los neutrones tienen más o menos el mismo tamaño, los electrones son 1800 veces más pequeños que estos dos.

Los átomos de diversos elementos se distinguen por el número de protones que tienen (el número de protones es constante en todos los átomos de un mismo elemento; el número de neutrones y de electrones puede variar bajo determinadas circunstancias).

Una profesión peligrosa

Estudiar productos químicos era un proceso peligroso. George y Thomas Knox sufrieron al verse expuestos al ácido hidrofúrico. Thomas casi murió y George se pasó tres años recuperándose.

George Gore de Londres aisló una pequeña cantidad de fluorina, pero explotó y destruyó su laboratorio. Jerome Nickels de Francia y Pauline Louyet de Bélgica murieron en su laboratorio asfixiados por el gas. Los pulmones y la piel se les llenaron de llagas.

Hay pocas dudas de que el trabajo de Marie Curie (1867-1934) con la radioactividad afectó a su salud. Murió de leucemia a los sesenta y siete años, y se quemó los dedos con «su amado radio».

Les debemos mucho a aquellos que arriesgaron sus vidas para adquirir más conocimientos sobre los elementos químicos.

§. Organizar los elementos: la belleza de la tabla periódica

A mitad del siglo diecinueve, se habían identificado 63 elementos. Mientras que el oro, el cobre, la plata, el estaño, el plomo y el mercurio se conocen desde la antigüedad, en 1669 el descubrimiento por parte de un alquimista del fósforo, el primer elemento descubierto en la edad moderna, puso en marcha el proceso de descubrimientos, y poco a poco se fueron añadiendo elementos a la lista. Entonces, en la década de 1780, Antoine Lavoisier (1743-1794) inauguró una nueva era para la química al realizar cuidadosas mediciones cuantitativas que permitieron determinar con precisión la composición de los compuestos. También dividió los pocos elementos conocidos en el siglo XVIII en cuatro clases.

Los científicos comenzaron a comprender que necesitaban un sistema organizativo para registrar los elementos. Carlos Linneo (1707-1778) había organizado las especies en categorías, de modo que los científicos determinaron ordenar de algún modo los elementos químicos.

Aunque parecía una buena idea, nadie estaba muy seguro de cómo hacerlo. ¿Qué tenía un elemento como el oxígeno, un gas, en común con un elemento como el mercurio, un líquido, o con uno sólido blando como el platino, o con aquellos demasiado peligrosos como para manejarlos sin guantes, el flúor o el potasio?

John Dalton creó una simple tabla a principios del siglo XIX, cuando se conocían pocos elementos. La primera tabla periódica fue

probablemente creada por el geólogo francés, A. E. Beguyer de Chancourtois en 1862. Aunque en su intento había grandes fallos reconoció que las propiedades elementales recurrían cada siete elementos —de ahí la periodicidad.

Dimitri Mendeleev (1834-1907) está considerado como el principal creador de la tabla periódica. Se esforzó por organizar los 63 elementos y cuando finalmente lo consiguió, dispuso los elementos en una tabla metódica que publicó en 1869. Hoy en día las columnas verticales se llaman grupos y las hileras horizontales periodos. Su sistema organizativo se basaba en la organización de los elementos según su peso atómico, y descubrió lo siguiente:

- Los elementos con las mismas propiedades químicas tienen pesos atómicos de casi el mismo valor.
- La disposición de los elementos en el orden de sus pesos atómicos se basa en sus propiedades químicas distintivas.
- Los elementos que están más ampliamente difusos (tienen más espacio dentro de ellos) tienen un peso atómico menor.
- La magnitud del peso atómico determina el carácter del elemento.

Mendeleev también predijo las propiedades de los elementos que habrían de descubrirse basándose en las propiedades que dictaba la tabla periódica.

Alrededor de esta época, el químico alemán Lothar Meyer (1830-1895) también había preparado una tabla que en muchos aspectos se parecía a la actual. No publicó su trabajo hasta después de la

aparición del primer artículo de Mendeleev sobre el asunto en 1869. Su tabla era muy similar a la del químico ruso, pero contenía algunas mejoras y quizá influyó en las revisiones que Mendeleev hizo en la segunda versión de su tabla publicada en 1870.

No. 1440

UNITED STATES OF AMERICA

DECLARATION OF INTENTION
(Valid for all purposes seven years after the date hereof)

United States of America In the District Court
 District of New Jersey at The United States of Trenton, N. J.

I, Dr. Albert Einstein

now residing at 112 Mercer St. Princeton New Jersey N.J.
 occupation Professor aged 56 years, do declare as such that my personal description is:
 Sex Male color White complexion Fair color of eyes Brown
 color of hair Gray height 5 feet 7 inches; weight 175 pounds; visible distinctive marks
none

race Hebrew nationality German

I was born in Ulm Germany on March 14 1879

I am married. The name of my wife is Elsa

we were married on April 6th 1917 at Berlin Germany also or he was
 born at Mechingen Germany on January 18 1877 entered the United States
 at New York N.Y. on June 5 1905 (for permanent residence therein, and now
 reside at with me I have 2 children, and the name, date and place of birth,
 and place of residence of each of said children are as follows: Albert born 5-14-1905 and
Edward born 6-28-1910 both born and reside in Switzerland

I have NOT heretofore made a declaration of intention: Number _____

my last foreign residence was Berlin Germany Great Britain
 I emigrated to the United States of America from Berlin Germany Great Britain
 under the name of Albert Einstein New York N.Y.
 on the vessel SS Queen of Bermuda June 5 1905

I will, before being admitted to citizenship, renounce forever all allegiance and fidelity to any foreign prince, potentate, state, or sovereignty, and particularly, by name, to the prince, potentate, state, or sovereignty of which I may be at the time of admission a citizen or subject; I am not an anarchist; I am not a polygamist nor a believer in the practice of polygamy; and it is my intention in good faith to become a citizen of the United States of America and to reside permanently therein; and I certify that the photograph affixed to the duplicate and triplicate hereof is a likeness of me: In witness whereof, I have signed as God,

No 5773



(If the head of the copy will be signed as or in favor a portion of the photograph)

Albert Einstein

Subscribed and sworn to before me in the office of the Clerk of said Court, at Trenton, N. J. this 15th day of January 1922.

was Donald 1836. Certificate No. 180742 from the Commissioner of Immigration and Naturalization showing the lawful entry of the declarant for permanent residence on the date stated above, has been recited by me. The photograph affixed to the duplicate and triplicate hereof is a likeness of the declarant.

George T. Cranner
 Clerk of the U. S. District Court
 By [Signature] Deputy Clerk.

Form 1920-5-A
 U. S. DEPARTMENT OF LABOR
 IMMIGRATION AND NATURALIZATION SERVICE

Formulario de «Declaración de intención» de Albert Einstein

En general, Meyer estaba más impresionado por la periodicidad de las propiedades físicas de los elementos, mientras que Mendeleev veía con mayor claridad las consecuencias químicas de la ley periódica.

P: ¿Por qué son tan buenos los químicos resolviendo problemas?

A: Porque tienen todas las soluciones.

Los viejos químicos nunca mueren, simplemente no pueden reaccionar.

Capítulo 13

Einstein (suficientemente) aclarado

Contenido:

- §. *Albert Einstein (1879-1955)*
- §. *Lo que Einstein hizo por la ciencia*
- §. *Efecto fotoeléctrico*
- §. *Los átomos existen! (movimiento browniano)*
- §. *Teoría especial de la relatividad*
- §. *Más sobre la relatividad espacial*
- §. *El frigorífico de Einstein*
- §. *Últimos años*
- §. *Einstein: «un tipo normal»*
- §. *El cerebro de Einstein*

Si eres la clase de persona a la que le brillan los ojos al oír mencionar a Albert Einstein o $E=mc^2$, entonces este es tu capítulo einsteniano. Vas a escuchar dos historias interesantes —una ahora mismo, y para la otra tendrás que terminar de leer el capítulo. En el proceso, te presentaré los datos necesarios sobre Einstein para que entiendas por qué está considerado como una de las mejores mentes científicas que el mundo jamás haya conocido.

«Lo importante es no parar de hacer preguntas».

Albert Einstein

Y en caso de que necesites un poco más de incentivo, has de saber que aunque no nos pasamos el día pensando en la teoría de la relatividad de Einstein o en el movimiento browniano, Einstein está con nosotros todos los días debido al vasto número de inventos tecnológicos que hizo posibles —desde los navegadores GPS hasta la tecnología láser.



Albert Einstein con su prima y segunda esposa Elsa Loewenthal.

(Library of Congress)

Su trabajo puso los cimientos para la invención de los ordenadores, las imágenes de televisión más nítidas, los CD, DVD y muchas otras

cosas más. Nuestras cámaras digitales también se las debemos a Einstein. Contienen pequeños sensores que convierten la luz en electricidad, y esto es posible gracias a Einstein y a su trabajo con los efectos fotoeléctricos. (Véase más adelante). ¡Merece la pena que sigas leyendo!

§. Albert Einstein (1879-1955)

La primera historia sobre Einstein va dedicada a todos aquellos que lo han pasado mal en el colegio, y a todos los padres preocupados por si sus hijos son capaces de salir adelante.

El niño que crecería para ser ampliamente reconocido como el mayor científico del siglo XX, comenzó a hablar tarde y se le consideró un lento aprendiz. Se cuenta que hasta que no tuvo siete años decía para sí mismo las frases antes de pronunciarlas en voz alta. Aunque ojeaba los libros de matemáticas y ciencias en casa y sus notas eran buenas, sus profesores no lo encontraron un estudiante destacado.

Cuando Einstein era adolescente, sus padres se vieron obligados a ir a Milán en busca de trabajo, y lo ingresaron en un internado para que completara su *gymnasium* (lo que hoy en día sería el bachillerato). Sin decírselo a sus padres, abandonó los estudios un año y medio antes; aunque finalmente recibió su merecido al tener que presentarse a un examen de calificación para acceder al Instituto Federal de Tecnología de Zúrich. Einstein sobresalió en la parte de matemáticas y ciencias pero suspendió en la sección de letras. Podemos imaginarnos la frustración familiar y la

preocupación de sus padres cuando tuvieron que enviarlo a Aarau, Suiza, para que acabara el bachillerato (1896). En esta época —a los dieciséis años— Einstein renunció a su ciudadanía alemana porque se negó a realizar el servicio militar, tal y como requería la ley.

Incluso tras graduarse, la vida de Einstein avanzó a trompicones, y al principio fue incapaz de encontrar trabajo. Dos compañeros de graduación pudieron conseguir puestos de profesores, pero nadie estaba interesado en contratar a Einstein. Finalmente el padre de un compañero de clase le ayudó a conseguir trabajo como examinador técnico ayudante en la Oficina de Patentes Suiza. Aunque pudo mantener el empleo, en 1903 le negaron un aumento hasta que «dominase completamente la tecnología de las máquinas». Más tarde, Einstein no se centró en sus contratiempos pasados. Dicen que recordaba dos hechos importantes de su educación. La primera es una lección de buena paternidad: los padres de Einstein le estimulaban con aquello que captaba su interés. El padre de Einstein, un antiguo vendedor de plumas para camas que más tarde dirigió una fábrica electroquímica, le regaló una brújula que consiguió dejarlo totalmente absorto con cinco años. Le fascinaba que algo en un espacio «vacío» hiciese reaccionar a la brújula. La madre de Einstein le dio otro regalo durante estos años: le animó a que tocara el violín, una afición que Einstein persiguió toda su vida. Y, en lo que podría interpretarse como un mensaje contra agobiar a nuestros hijos, se dice que Einstein atribuyó su desarrollo de la teoría de la relatividad a su lentitud, diciendo que al pensar sobre el

tiempo y el espacio más tarde que la mayoría de los niños pudo aplicar al problema un intelecto más desarrollado.

§. Lo que Einstein hizo por la ciencia

Este sería un capítulo mucho más breve si Einstein solo hubiese realizado una contribución a la ciencia. Pero a pesar de su lento comienzo en su vida académica, Einstein se aplicó a diversos misterios científicos y como consecuencia muchas fueron sus contribuciones.

Justo tras presentar su tesis doctoral en 1905, Einstein presentó cuatro artículos importantes que sentaron los pilares de la física moderna. (El año llegó a conocerse como el *annus mirabilis* de Einstein, o año milagroso, y su centenario fue celebrado en 2005).

A la edad de veintiséis años, Einstein escribió tres espectaculares artículos científicos sobre temas muy diferentes entre los meses de marzo a junio de 1905. Cada uno de los artículos presentaba una teoría verdaderamente revolucionaria que tumbaba un área de la ciencia. Entonces, en octubre de ese mismo año, añadió un asombroso epílogo al tercer artículo, su obra más conocida por introducir su famosa ecuación, $E = mc^2$.

Ninguna persona ha contribuido tanto a la ciencia y en tan corto espacio desde el siglo XVII cuando Newton descubrió la gravedad, fundó la ciencia óptica e inventó el cálculo. Y con este trabajo, Einstein marcó el comienzo de la ciencia moderna. Esto es lo que este dependiente de patentes de veintiséis años presentó.

§. Efecto fotoeléctrico

El primer artículo de Einstein trataba sobre la radiación y las propiedades energéticas de la luz. Unos años antes, el físico alemán Max Planck sugirió que la energía en un átomo se da en pequeños saltos llamados *quanta*. A partir de esta idea, Einstein sugirió que la luz también existía en trozos o quanta (ahora llamados fotones). Einstein encontró que podían liberarse electrones de metales cuando sobre ellos se emitía luz de alta frecuencia (ultravioleta). Esto demostraba que la luz actuaba como si estuviese compuesta de diminutas partículas y no como una onda. Si fuese una «onda de luz», el metal simplemente se calentaría por la transferencia de energía. La teoría de Einstein nació a partir de la comprensión de que la emisión de luz de un átomo no es un flujo continuo como la emisión del sonido de un instrumento musical, sino que la emisión de luz se parece más a una ráfaga de energía.

Con el tiempo la hipótesis del fotón resultó ser la clave para revelar la estructura del átomo, y el artículo se convirtió en la base de la física cuántica (el lenguaje del átomo). En 1921 ganó por ello el Premio Nobel de Física.

Entre 1916 y 1925 Einstein realizó otras contribuciones al estudio de la luz, incluyendo la idea de la emisión estimulada de radiación; un concepto que condujo al desarrollo del láser.

§. ¡Los átomos existen! (movimiento Browniano)

Durante el siglo XIX y a comienzos del XX, los científicos debatían si los átomos eran teoría o reales, y como eran demasiado pequeños

como para ser vistos, los argumentos quedaron sin resolver. Einstein acabó con este debate en mayo de 1905 cuando presentó un artículo explicando el movimiento browniano. Este fenómeno toma el nombre del físico inglés Robert Brown, que en 1828 notó que los granos microscópicos de polen que flotaban en la superficie del agua se movían al azar mucho después de que el agua se hubiese quedado en reposo. Einstein se había estado preguntando sobre este fenómeno mientras trabajaba en su tesis doctoral, y comenzó a imaginar que el polen era como una bola de bolos golpeada en diversas direcciones por las moléculas de agua. Einstein explicó que las partículas se movían debido a las colisiones entre átomos —y adelantó que esto demostraba que los átomos eran reales porque causaban fenómenos «reales».

Tres años más tarde, el físico francés, Jean Perin, consiguió crear un método de medición que demostraba que Einstein estaba en lo cierto, cambiando para siempre la física, la química y la biología, pues esto condujo a la ciencia de la genética molecular.

También se demostró que Einstein tenía razón, (pero no fue hasta 1980) con el uso de microscopios de efecto túnel con los que se pueden hacer fotos de átomos individuales. (Tras el descubrimiento del átomo, los científicos comenzaron a debatir sobre si las pequeñas partículas dentro de los átomos están compuestas por partículas más pequeñas llamadas *quarks*, o simplemente actúan como si lo fueran. El debate se parecía a la vieja discusión sobre los átomos, aunque hoy en día se considera a los quarks reales).

§. Teoría especial de la relatividad

En junio, poco después del artículo sobre el movimiento browniano, Einstein escribió su primer ensayo sobre la relatividad. (Unos meses antes de que Einstein finalizara su artículo, el eminente matemático francés, Henry Poincaré, publicó sobre el tema). *Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento* era un asombroso documento en parte por las ideas que introducía pero también porque se diferenciaba en gran medida de la manera en la que se presentaban la mayoría de los estudios científicos. Einstein daba pocas referencias de lo que le había precedido o quién le había influido para desarrollar la teoría; y este artículo en particular, no tenía notas a pie de página y había poca matemática.

La teoría especial de la relatividad cambió el concepto científico del espacio y del tiempo. Einstein demostró que el tiempo era relativo a la velocidad a la que viaja el observador. Por ejemplo, imagina que vas en un coche y que estás observando a otro. Si ambos coches viajan a la misma velocidad, digamos que a 50 kilómetros por hora, entonces tu percepción del otro coche es que no se mueve, pues sigue junto a ti mientras progresas; por lo tanto, su velocidad relativa con respecto a ti es cero. Einstein demostró que si desde tu perspectiva alguien se mueve, ves que el tiempo pasa más lentamente para él que para ti. (Esto es difícil de entender porque a las velocidades comunes esta lentitud es de una parte de un trillón y es por lo tanto imperceptiblemente pequeña, pero sí resulta una gran diferencia para los científicos que estudian el universo). Einstein también teorizó que la velocidad a la que viaja la luz (que,

según entendemos, es de 299 330 kilómetros por segundo) no es absoluta.

La teoría especial de la relatividad también explicaba que cuando la materia se convierte en energía, la energía puede liberarse en un patrón predecible. Esto conduce directamente a la conocida fórmula de Einstein que demuestra que la masa y la energía son intercambiables.

Cuando el artículo sobre la teoría especial de la relatividad se publicó por primera vez, la ecuación no aparecía en él. Llegó como una nota al pie en un breve artículo aparecido en octubre.

$$E = mc^2$$

La última contribución de Einstein en 1905 fue *¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido energético?* Este artículo introdujo la famosa ecuación de que la energía de un cuerpo en reposo (E) es igual a su masa (m) por la velocidad de la luz (c) al cuadrado. (Esta ecuación fue de hecho publicada por primera vez por Poincaré en 1900). La fórmula implica que una masa pequeña puede convertirse en una enorme cantidad de energía y viceversa.

En un artículo de opinión publicado el 30 de septiembre de 2005 en *The New York Times*, Brian Greene, profesor de física y matemáticas en la Universidad de Columbia y autor respetado de varios libros científicos, resaltó un hecho poco conocido sobre el artículo de septiembre de 1905. Einstein de hecho no escribió $E = mc^2$, sino su equivalente matemático, $m = E/c^2$, dándole mayor importancia a la

creación de masa a partir de la energía que a la creación de energía a partir de la masa.

Sea la materia carbón (piensa en el calor), gasolina (piensa en un coche en marcha), o pan con canela (piensa en las calorías), la energía siempre está en ella. La ecuación matemática más famosa de la historia suministró una fórmula que demostraba que a nivel atómico, la materia y la energía podían convertirse una en la otra, y la ecuación explicaba la consecuencia de la teoría de la relatividad. (Ya que la velocidad de la luz al cuadrado es un número tan enorme, la energía es realmente altísima).

En 1905 Einstein no tenía ni idea de que la energía pudiese ser liberada o usada, y aunque no fue hasta los años 30, el trabajo de Einstein —y su ecuación— permitieron el descubrimiento de la fisión nuclear —una forma de liberar energía almacenada en el núcleo de los átomos partiéndolos en átomos más pequeños. Finalmente esto proporcionaría la metodología para obtener energía de las reacciones nucleares usando reactores nucleares y bombas atómicas.

§. Más sobre la relatividad espacial

En 1910 Einstein comenzó a enseñar, y de 1914 a 1919, fue director del Instituto Kaiser Wilhelm de Física en Berlín. A pesar de los cambios increíbles que trajo al mundo de la ciencia en 1905, Einstein aún tenía mucho que hacer. Ya que la relatividad especial tenía que ver con objetos moviéndose en línea recta a velocidades

constantes, Einstein comenzó a generalizar su pensamiento para incluir los caminos curvos y objetos en aceleración.

Einstein dio a luz el concepto de la relatividad general en 1907, pero hicieron falta ocho años antes de que generase las matemáticas que lo explicaban. Cuando esto ocurrió, le dijo a un amigo: «Estaba fuera de mí por la emoción».

En 1915 dio una conferencia en la que presentó una ecuación (publicada por primera vez por el matemático alemán David Hilbert) que reemplazaba la ley de la gravedad de Newton. En la relatividad general, la gravedad no es una fuerza (como sí lo es en la ley de la gravedad de Newton) sino una consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo y tiene la capacidad de doblar la luz. La teoría general de la relatividad predecía que un rayo de luz que pase cerca de un objeto masivo (como un planeta) se curvaría, y predecía también cuánto. Esta predicción fue confirmada durante un eclipse total del sol en mayo de 1919 y de nuevo por observaciones de un eclipse total en Australia en 1922.

La relatividad general predice que el tic-tac relativo de los relojes cambia dependiendo de su posición en un campo gravitatorio. Los satélites localizados sobre la tierra se mueven en un campo gravitatorio que es ligeramente más débil que el que experimentamos sobre la superficie terrestre, y como resultado sus relojes internos marchan a un ritmo diferente que en la tierra. El efecto es extremadamente pequeño, pero es este nivel de precisión el que permite que funcionen los sistemas de posicionamiento global. (Las diferencias temporales entre las señales en tu coche y las del

satélite que te sigue son de una precisión de una millonésima de segundo). Por supuesto, en 1915, Einstein no trabajaba para que pudiésemos tener aparatos de posicionamiento global en nuestros coches. Su trabajo puso las bases del estudio de la cosmología, alumbró el desarrollo de la idea de que nuestro universo se creó en una gran explosión, y adelantó lo que los científicos están ahora demostrando —que nuestro universo aún está en expansión. Les dio a los científicos las herramientas necesarias para entender muchas características del universo, incluyendo una mayor comprensión de los cuásares y de los agujeros negros.

Debido a que la teoría de Einstein era una combinación de razonamiento matemático y análisis racional, en contra de la usual metodología científica de experimentación y observación, mucha gente no creyó en su idea. Entonces en 1919, un eclipse solar permitió que otro científico, Arthur Eddington, condujera mediciones que pusieron a prueba la teoría de Einstein. Midió cuánto se curvaba la luz de una estrella por la gravedad del sol cuando pasaba cerca de él (llamado *lente gravitacional*) y como resultado, Einstein comenzó a ser reconocido por lo que había conseguido. Sin embargo, cuando le concedieron el Premio Nobel en 1921, fue por su trabajo fotoeléctrico —más ampliamente aceptado que su trabajo sobre la relatividad. El comité del Nobel creyó que el premio debía concederse por el trabajo que estaba claramente aceptado por la comunidad científica de la época.

Es interesante resaltar que ni siquiera en los últimos años Einstein trabajó en un laboratorio, tampoco tenía personal a su cargo y

nunca buscó becas de investigación. Era un pensador conceptual de lápiz y papel que resolvía todo en su cabeza. Debido a que sus conceptos eran muy avanzados, sus teorías a menudo se adelantaban a la habilidad de la ciencia para verificar su pensamiento; como resultado, pasó mucho tiempo antes de que sus ideas fueran aceptadas, incluso entre científicos.

§. El frigorífico de Einstein

La mayoría de los científicos son como mecánicos en un taller, y Einstein, también trabajó en la práctica, no solo teóricamente. En 1930, él y el antiguo estudiante Leo Szilard recibieron una patente por una unidad frigorífica que incluía refrigeración termodinámica que enfriaba pero no requería piezas móviles.

§. Últimos años

Cuando los Nazis llegaron al poder en 1933, Einstein supo que su tiempo en Alemania había acabado. Los Nazis hicieron esfuerzos por desacreditar sus teorías y lo acusaron de crear una «física judía». También incluían en la lista negra a cualquiera que enseñara las teorías de Einstein. Como resultado, Einstein renunció a la ciudadanía alemana y huyó a los Estados Unidos. Muchos grupos de ciudadanos en los Estados Unidos acusaron a Einstein de comunista por su creencia en un sistema socialista democrático (una combinación de economía planificada que tuviese respeto por los derechos humanos), de modo que el gobierno tenía un buen expediente sobre él. Pero como no había documentos negativos

generados por el gobierno, los Estados Unidos le ofrecieron la residencia permanente.

En 1939, Einstein contactó con el Presidente Franklin Delano Roosevelt para comentarle la posibilidad de que los EE.UU. exploraran el uso de la fisión nuclear con fines militares. Einstein temía que los Nazis estuviesen trabajando sobre esta posibilidad y que fuesen los primeros en utilizar la fisión nuclear. Basándose en esto —así como en el consejo de otros— Roosevelt puso en marcha el Proyecto Manhattan que, como todos saben, condujo a la construcción de la bomba atómica. Aunque sugirió esta investigación por miedo a lo que poseían o podían hacer los alemanes, Einstein estaba en contra del uso de las armas nucleares y luchó activamente contra las pruebas y las bombas nucleares.

Poco después de llegar a los Estados Unidos, Einstein aceptó un trabajo en el recién fundado Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, New Jersey. En el Instituto de Princeton, Einstein trabajó en la unificación de las leyes de la física —se refería a su trabajo como la teoría del campo unificado. Su objetivo era simplificar (unificando) las fuerzas fundamentales del universo, pero desafortunadamente, no tuvo éxito. Hoy en día los científicos siguen trabajan en ello, pero aún ha de llegar el día en el que descubran una teoría unificada.

§. Einstein: «un tipo normal»

El Einstein de los últimos años es recordado como un hombre amable y un decente pacifista. También tenía sentido del humor.

Todos hemos visto la famosa foto en la que está sacando la lengua a la cámara. Fue tomada en 1951 cuando cumplió setenta y dos años. Los fotógrafos lo habían estado persiguiendo todo el día y tras incitarle a que sonriera una vez más a la cámara, sacó la lengua.

Le gustaba navegar y tocar el violín —algo que sus padres le obligaron a aprender cuando era niño. Era el típico «profesor despistado» y se quedaba tan absorto resolviendo problemas de física que a menudo se olvidaba de su entorno.

Y por fin te has ganado la última historia: Einstein pasó sus últimos años en Princeton llevando, aparentemente, la misma ropa todos los días. Aunque los observadores curiosos podían sospechar que dormía con la ropa puesta, de hecho tenía un armario lleno de copias del mismo traje para evitar los dilemas diarios de elegir vestuario.

El viejo Einstein a menudo deambulaba por Princeton murmurando para sí. Cuenta la leyenda que sus ayudantes, temiendo que dijese algo brillante que luego olvidase, contrataron a un estudiante para que lo siguiese a todos lados tomando notas.

Y aquí tienes una última anécdota inquietante. La enfermera que estaba con él cuando murió dijo que antes de expirar murmuró varias palabras en alemán.

§. El cerebro de Einstein

A pesar del hecho de que pocos legos podían describir su trabajo, Albert Einstein era la estrella de rock de los científicos y la gente

estaba fascinada con él. Charlie Chaplin una vez le dijo: «A usted le adoran porque resulta incomprensible».

Tras su muerte, sus albaceas se sintieron preocupados con que si lo enterraban, los curiosos siempre estarían creando problemas en el cementerio, de modo que dispusieron que su cuerpo fuese incinerado, y las cenizas se esparcieron en una localidad sin especificar. Todo esto habría estado muy bien si no hubiese sido porque un patólogo se llevó el cerebro para estudiarlo.

El Dr. Thomas S. Harvey, un patólogo del Hospital de Princeton realizó la autopsia y sacó el cerebro de Einstein. (Einstein dijo que no estaba en contra de que estudiaran su cerebro, pero no quería que se publicitaran los resultados). Harvey se mostró muy protector con su única «posesión», y a pesar de numerosos traslados siempre se llevó con él las muestras de cerebro. (Sin embargo, sí cumplió algunas peticiones de los investigadores).

Diez años más tarde (en la década de 1970), un editor de *The New Jersey Monthly* leyó sobre la existencia del cerebro de Einstein y tras realizar algunas pesquisas envió al reportero Steven Levy a escribir un artículo. Levy dio con el Dr. Harvey, que por entonces vivía en Wichita, Kansas. Levy señala que aunque Harvey se mostró muy reticente al principio de la entrevista, antes de que Levy se marchara, Harvey fue hasta un armario de su despacho, sacó una caja de cartón en la que se leía «Costa Cider» y reveló dos frascos con secciones del cerebro de Einstein.

En 1996 Harvey finalmente llevó los trozos restantes de vuelta al Hospital de Princeton.

Así que, ¿es diferente el cerebro de Einstein al tuyo o al mío?



Percival Lowell (1855-1916) estaba convencido de que existían canales de origen artificial en Marte. (Library of Congress)

Recientemente unos investigadores canadienses han tenido acceso al cerebro recuperado y han encontrado que tenía un lóbulo parietal inferior inusualmente grande —es el centro del pensamiento matemático y de las imágenes espaciales— y conexiones más cortas entre los lóbulos frontales y temporales.

**«Solo aquellos que se dedican a una causa en cuerpo y alma
pueden ser verdaderos maestros».**

Albert Einstein

Capítulo 14

Un billete a Plutón y más allá

Contenido:

§. *Encontrar Plutón*

§. *Cómo un granjero llegó a descubrir un planeta*

§. *El nombre del nuevo planeta*

§. *De modo que ¿es o no es?*

§. *La lucha continúa*

§. *Otro descubrimiento afecta el problema*

§. *Se lanza la sonda Plutón*

§. *Otra conmoción en el espacio*

§. *Viajes espaciales para gente normal*

Si hubieses nacido hace cien años, uno de los grandes descubrimientos de nuestro sistema solar —el de localizar el noveno planeta— aún no habría ocurrido, y Clyde Tombaugh, el tipo que sería el primer estadounidense en descubrir un planeta, sería un simple granjero de Kansas con tan solo un diploma de instituto. ¿Demasiado extraño para ser cierto? En absoluto.

La historia de Plutón es fascinante. La forma en la que se descubrió el planeta ilustra el componente azaroso de los descubrimientos científicos, y la permanente discusión de si es o no es un planeta, nos conduce a una mejor comprensión de nuestro sistema solar.

§. Encontrar Plutón

Aunque Clyde Tombaugh es la persona que consta como descubridora de Plutón, no fue en modo alguno la primera persona en verlo. En 1894, Percival Lowell, a sus treinta y nueve años graduado de Harvard y miembro de una familia respetada de Massachusetts, fundó un observatorio en Flagstaff, Arizona (a una elevación de 2133 metros), donde pasó veintitrés años persiguiendo la corazonada de que no solo había agua en Marte, sino vida. Publicó varios libros sobre el tema y también se dedicó a otros proyectos, incluyendo la búsqueda del Planeta X. Lowell llegó a creer que las órbitas de Urano y Neptuno se veían afectadas por la atracción gravitacional de otro planeta. (Más tarde, después de que Plutón fuese identificado, los científicos comprendieron que los cálculos originales con respecto a Urano y Neptuno eran incorrectos, y aunque se pueden encontrar Planetas X, de hecho no hay alteraciones causadas por planetas en dichas órbitas).

Aunque Lowell no tenía una visión precisa de lo que estaba ocurriendo, su corazonada sobre otros cuerpos parecidos a planetas era correcta. Lowell murió en 1916 sin darse cuenta de que la verdadera contribución que hizo a la ciencia fue creer en un mundo más allá de Neptuno.

§. Cómo un granjero llegó a descubrir un planeta

Clyde Tombaugh era lo menos parecido a un descubridor de planetas que te puedas imaginar. Tombaugh nació en 1906 en Streator, Illinois, y creció en una granja cerca de Burdett, Kansas, donde usó piezas de coches viejos y de maquinaria de granja para

construirse un telescopio, un reflector newtoniano de 9 pulgadas que finalizó en 1927. Usando el telescopio y los oscuros cielos nocturnos del oeste de Kansas, hizo dibujos de Marte y Júpiter y los envió a los científicos en el Observatorio Lowell, esperando recibir opiniones. Debieron ver algo especial en estos dibujos pues lo contrataron para trabajar en el observatorio, a pesar de que sólo tenía un diploma de instituto.

Aunque Lowell había muerto en 1916, el observatorio aún perseguía su sueño de encontrar el Planeta X, y originalmente a Tombaugh se le asignó el uso de una nueva cámara f/5 de 13 pulgadas para fotografiar los cielos en busca de este posible planeta. Pronto también se le asignó la tarea de inspeccionar las placas fotográficas usando un microscopio de parpadeo Zeiss, un aparato anterior a los ordenadores que permitía a los astrónomos encontrar diferencias entre placas fotográficas tomadas de la misma área del cielo en momentos diferentes. (Inspeccionar las placas fotográficas era un trabajo necesario e importante, pero era tedioso y a menudo lo hacían simples empleados. En aquellos tiempos, era el tipo de trabajo para el que a veces se contrataba a las mujeres).

El 25 de febrero de 1930, Tombaugh miraba unas placas fotografiadas el 23 de enero y el 29 de enero cuando vio una mota de luz que cambiaba de posición exactamente como lo haría un planeta más allá de Neptuno. Creyó haber encontrado un planeta. Aunque los científicos hoy en día se ven impelidos a dar a conocer la información rápidamente para que el resto de la comunidad científica pueda seguir avanzando, en aquellos días, confirmar las

teorías llevaba más tiempo. Los científicos en el Observatorio Lowell no anunciaron el descubrimiento hasta el 13 de marzo de 1930.

La emoción por el descubrimiento —el primer planeta identificado desde que en 1846 se descubriera Neptuno— fue enorme. El sueño de Percival Lowell se había cumplido justo en el observatorio que había fundado, y los americanos estaban encantados con que el planeta hubiese sido descubierto por un compatriota. Tombaugh fue honrado por organizaciones de todo el mundo. Finalmente, volvió a estudiar para completar su licenciatura y siguió trabajando descubriendo un cometa, una nova, cinco cúmulos abiertos, un cúmulo globular y un supercúmulo de galaxias.

En 1934 el *New York Times* informó de que había observatorios por toda la nación que estaban identificando tardíamente imágenes de Pluto que habían sido tomadas antes de su descubrimiento en 1930. De manera irónica, una de esas placas fotográficas estaba en el Observatorio Lowell. La foto había sido tomada en 1915, un año antes de la muerte de Lowell. Si la placa hubiese sido inspeccionada y el planeta identificado cuando aún vivía, el gran creyente habría podido sobreponerse a la mofa que causaba su búsqueda. Pero murió sin saber que había tomado fotos del noveno planeta del sistema solar.

§. El nombre del nuevo planeta

La tradición de dar nombres de dioses griegos o romanos a los planetas data de los tiempos antiguos. Los planetas originales fueron conocidos por los romanos y los griegos pues notaban que de

noche algunas «luces» se movían y otras no, y llamaron a las que se movían *planetas* de la palabra griega que significa «errante».

Hoy la organización oficial que da nombre a los planetas es la Unión Internacional de Astronomía, pero antes de que pudiesen reunirse tras el hallazgo de Plutón, los periódicos se llenaron de sugerencias de toda clase hechas por personas y organizaciones. Algunos de los nombres propuestos eran: Atlas, Zymal, Artemisa, Perseo, Vulcano, Tántalo e Idana. El personal del Observatorio sugirió Minerva, pero un artículo del *New York Times* del 26 de marzo de 1930, citaba a un científico del Museo de Historia Natural que les recordó que el asteroide 93 (de unos 1000 que se habían identificado y nombrado) se llamaba Minerva.

El nombre Plutón fue sugerido por una niña de once años que vivía en Oxford, Inglaterra. Sin embargo, no se trataba de una simple niña pequeña. El abuelo de Venetia Burney, Falconer Madan, fue bibliotecario de la Biblioteca Bodleiana de la Universidad de Oxford y tras leer la historia del descubrimiento del nuevo planeta mientras desayunaba el 14 de marzo de 1930, se lo comentó a su nieta. La clase de Venetia acababa de hacer una excursión por la naturaleza donde habían colocado los planetas a escala —gracias a este paseo aprendió que Saturno estaba nada menos que a 1019 pasos de la Tierra, de modo que era consciente de lo lejos que estaría un planeta más allá del oscuro Neptuno. (De hecho se sabe ahora que Neptuno está más lejos que Plutón por la naturaleza elíptica de sus órbitas). Además, había estado leyendo un libro llamado *La era de las fábulas*, de modo que estaba familiarizada con la mitología. El

caso es que le sugirió a su abuelo que Plutón, el nombre del dios del inframundo, era muy adecuado para el nuevo planeta. Su abuelo contactó con uno de sus asociados, un antiguo astrónomo real, y a su vez, Herbert H. Turner envió un telegrama al Observatorio Lowell.

La combinación de dos factores: uno, que el nombre mitológico parecía idóneo, y dos, que las dos primeras letras del nombre servirían para honrar al astrónomo que originalmente tuvo el sueño, Percival Lowell, hizo que este nombre fuese el elegido.

Seis hechos sobre Plutón

Plutón es el planeta más pequeño del sistema solar: es más pequeño que la luna terrestre, y tiene la mitad de anchura que la luna de Júpiter, Ganímedes, mayor que Mercurio y el satélite natural más grande del sistema solar.

Plutón orbita alrededor del sol en un plano diferente al de los otros ocho planetas.

Mientras que todos los planetas tienen órbitas elípticas, la órbita de Plutón es más elíptica que cualquiera de las demás, lo cual significa que se acerca más al sol que Neptuno, pero viaja casi dos mil millones de kilómetros más lejos que el citado planeta.

Plutón tiene una luna, Caronte, que no es mucho más pequeña que Plutón y que fue identificada en 1978. Entonces, en 2006, se produjeron nuevas noticias: unos astrónomos anunciaron que habían avistado dos lunas más

alrededor de Plutón gracias al telescopio espacial Hubble de la NASA. Se piensa que las tres lunas se formaron tras una colisión entre un gran meteoro y el planeta. Los científicos creen que podrán encontrarse más lunas.

El viaje de Plutón alrededor del sol dura 247,7 años. Esto significa que aún le quedan bastantes años antes de completar una órbita completa desde su descubrimiento en 1930.

Un día en Plutón dura seis días y nueve horas, lo que significa que posee la segunda velocidad más lenta de rotación del sistema solar (tras Venus, que tarda 243 días en dar una vuelta sobre su eje).

§. De modo que ¿es o no es?

Durante muchos años, la vida con nueve planetas le parecía perfecta a todo el mundo. En 1931 el personaje de Disney, Mickey Mouse, adquirió una mascota llamada Pluto, Clyde Tombaugh había recibido muchísimos honores y fundó un departamento de astronomía en la New Mexico State University, y los escolares se aprendían el nombre de los nueve planetas.

Entonces en 1996, comenzaron los problemas cuando un grupo de científicos anunciaron que quizá Plutón no era exactamente un planeta. Cuando fue descubierto, Plutón era el único objeto conocido en el sistema solar más allá de Neptuno. (El descubrimiento de la primera luna de Plutón, Caronte, confirmaba aparentemente que era un planeta). Hoy los astrónomos han

encontrado unos 1000 pequeños objetos helados (y puede haber muchos más) más allá de Neptuno que giran alrededor del sol en un área conocida como Cinturón de Kuiper. Para complicar el asunto aún más, hay desacuerdo en cuanto a la exacta definición de planeta.

Para seguir con esta discusión, necesitamos retroceder un instante y considerar lo que constituye un planeta. Para los primeros astrónomos —griegos y romanos— los planetas que podían ver (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno) eran vistos como «estrellas» más brillantes que cualquier otro cuerpo planetario, y surcaban los cielos de manera predecible.

Desde entonces, los científicos han ajustado sus definiciones de lo que es un planeta (aunque aún es objeto de discusión). En general, se está de acuerdo en que un planeta es un objeto natural grande y esférico que orbita alrededor de una estrella y que, a diferencia de esta, no genera calor por fusión nuclear. Esta definición también distingue a los planetas de los asteroides y los cometas. Algunos científicos creen que cualquier objeto en el sistema solar lo suficientemente grande como para que la gravedad lo haya modelado hasta ser una esfera debería ser llamado planeta. Pero eso incluiría a unos cuantos asteroides y otros objetos en el Cinturón de Kuiper. Otra posibilidad es llamar de manera arbitraria, planeta, a todo aquello más grande que Plutón.

Sin embargo, los científicos también están de acuerdo en otra cosa: Plutón no es un planeta normal. Los otros ocho caen en categorías mucho más nítidas.

COMETAS: los cometas son generalmente bastante pequeños —menos de 10 kilómetros— y cuando se acercan lo suficiente al sol liberan agua de su superficie; la humedad se combina con el polvo y la suciedad para crear enormes colas en el cielo. Cada cometa tiene de hecho dos colas: una de gas y otra de polvo.

ASTEROIDES: La mayoría de los asteroides son objetos pequeños, de forma irregular con superficies sin aire. A menudo se localizan en el cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter; sin embargo, pueden encontrarse cerca de Venus y más allá de Plutón.

SATÉLITES: Son objetos como nuestra luna que orbitan alrededor de otro gran objeto, no necesariamente el sol.

Los asteroides y los cometas orbitan alrededor de una estrella (nuestro sol) pero generalmente no son lo suficientemente grandes para alcanzar una forma esférica o para desarrollar gravedad.

Los cuatro planetas interiores, Mercurio, Venus, Tierra y Marte, son clasificados como planetas terrestres debido a que sus superficies son rocosas. Los planetas jovianos: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, son conocidos por ser gigantes gaseosos. Y después está el pequeño Plutón...

No solo es Plutón el menor de los planetas, sino que es incluso menor que la luna de la Tierra y es la mitad de grande que el

segundo planeta más pequeño, Mercurio. Los días malos, los científicos se refieren a él como «una gran bola de hielo», una descripción que resulta ser bastante precisa. Tiene una composición helada muy parecida a la de un cometa, aunque es 1000 veces mayor que uno normal. También orbita alrededor del sol a una inclinación de 17 grados con respecto al plano en el que se mueven los demás planetas. Se cree que está compuesto en su mayor parte de hielo de agua con una fina capa de nitrógeno helado mezclado con pequeños fragmentos de metano y monóxido de carbono.

§. La lucha continúa

Hacia finales del siglo XX, el Museo Americano de Historia Natural estaba terminando el trabajo de remodelación del Planetario Hayden y la muestra sobre el espacio, ahora llamado Rose Center for Earth and Space [Centro Rose para la Tierra y el Espacio]. Cuando el área de exposiciones se abrió revelando que Plutón no estaba listado como planeta, sino como objeto del Cinturón de Kuiper, el escándalo fue tan grande como si Disney hubiese anunciado que iban a hacerle la eutanasia a Pluto. Además de las protestas de algunos científicos, el museo se inundó de cartas de queja de escolares suplicando que Plutón volviese a ser un planeta.

Como resultado de la conmoción, la Unión Astronómica Internacional, responsable de nombrar y clasificar todo en el espacio, accedió a crear un comité para que diera una definición «adecuada» de planeta. Definido de una forma, Plutón estaría dentro de esta categoría —al igual que un buen número de objetos que son

conocidos o que pueden descubrirse—. Definido de otra forma, Plutón estaría fuera y nos quedaríamos con tan solo ocho planetas.

§. Otro descubrimiento afecta el problema

En julio de 2005, el mundo científico pasó por otro bache. Unos astrónomos españoles encontraron cierta información en Internet del trabajo que estaban llevando a cabo unos científicos en el Instituto Tecnológico de California. Este descubrimiento impulsó a Michael Brown a anunciar el descubrimiento de un nuevo «planeta» muy parecido a Plutón, aunque más grande. Conocido oficialmente como 2003 UB313, pero de sobrenombre Xena («es más fácil llamarlo así», escribe Mike Brown en «A Tenth Planet Beyond Pluto!» www.gps.caltech.edu/~mbrown/), el nuevo descubrimiento también forma parte del grupo de objetos helados que componen el Cinturón de Kuiper. En octubre de 2005, el descubrimiento de una luna que orbita alrededor de este nuevo cuerpo intensificó la discusión.

Con fecha de 2006, los científicos pudieron anunciar su tamaño y habían determinado que tiene un diámetro de aproximadamente 2995 kilómetros. (Plutón tiene un diámetro de tan solo 2250 kilómetros).

¿El paso siguiente? La Unión Astronómica Internacional (IAU) ha de dar una definición de planeta para que el objeto de Mike Brown pueda ser nombrado de acuerdo con su clasificación. Aquí hay algunas posibilidades de lo que puede decidirse:

- La IAU puede definir a los planetas de manera más exclusiva, dejando fuera al 2003 UB313, Plutón, y los «plutinos» —como se les llama a otros objetos del Cinturón de Kuiper.
- La TAU puede decidir que los precedentes prevalecen, que setenta y cinco años de enamoramiento entre los escolares y el «pequeño Plutón», le han dado a este y a otras bolas heladas similares el derecho a ser considerados planetas.
- Pueden decidir clasificar los planetas como: terrestres (Mercurio, Venus, Tierra y Marte), jovianos (Jupiter, Saturno, Urano y Neptuno), y un tercer término (¿planetas helados? ¿heladitos?) que incluiría a Plutón, UB313, y todos los demás.

De modo que estad al tanto. La razón por la que este no es tu libro de ciencias es porque aún están ocurriendo cosas.²

§. Se lanza la sonda Plutón

El 19 de enero de 2006, una nave sin nombre de la NASA despegó hacia Plutón en un viaje de nueve años y casi 5 mil millones de kilómetros. Es la nave más rápida jamás lanzada, capaz de alcanzar los 60 000 kilómetros por hora, pero aún harán falta nueve años y medio para que alcance Plutón y los confines del sistema solar. El lanzamiento Nuevos Horizontes está planificado de tal forma que en 2007 pasó cerca de Júpiter y su poderoso campo gravitacional lo

² El 24 de agosto de 2006 el comité de la IAU determinó la definición definitiva de planeta como sigue: «Cuerpo celeste que (a) orbita alrededor del sol, (b) tiene masa suficiente para que su gravedad supere las fuerzas del cuerpo rígido, de manera que asuma una forma en equilibrio hidrostático (prácticamente esférica) y (c) ha limpiado la vecindad alrededor de su órbita». Con esta resolución se constata que solo hay ocho planetas en el sistema solar y que Plutón, así como Ceres y Eris - UB313, son considerados planetas enanos. (N. del T).

lanzó a modo de honda hacia Plutón. No aterrizará en él sino que lo fotografiará, analizará su atmósfera y enviará los datos a través del sistema solar hasta la Tierra.

La misión es continuar más allá de Plutón, para visitar posiblemente grandes objetos en el Cinturón de Kuiper, donde abundan cometas y planetas enanos. Los científicos tienen esperanzas de que proporcione información relevante de cómo se formaron el sol y los planetas.

Como tributo al descubridor de Plutón, Nuevos Horizontes contiene parte de las cenizas de Tombaugh. Su viuda de noventa y tres años pudo observar el lanzamiento a una distancia de unos seis kilómetros.

§. Otra conmoción en el espacio

A principios de 2006, los científicos estaban fuera de sí de euforia por el retorno sano y salvo de la nave *Stardust*, que aterrizó sin problemas en Utah después de un viaje de siete años y 5 mil millones de kilómetros en el espacio exterior.

La basura también lo es en el espacio

Los científicos de la NASA informan que a fecha de 2006, hay más de 9000 piezas de residuos espaciales orbitando la tierra, un peligro que solo puede esperarse que empeore en los próximos años.

El área con mayores residuos está entre 885 y 1005 kilómetros sobre la tierra, y aunque la basura no es un

peligro para los vuelos tripulados, puede resultar un riesgo para los vuelos comerciales y de investigación que viajen más allá del área por dónde pasan normalmente los transbordadores.

En este punto no hay solución viable, técnica o económicamente, para quitar los objetos del espacio. Sin embargo, los científicos necesitarán trabajar en este problema que va a ir a peor.

La razón de esta euforia es que su cargamento —alrededor de un millón de partículas de polvo de cometa con unos doscientos granos de polvo estelar— se espera que proporcione información sobre cómo se formaron la tierra y el sistema solar y, en definitiva, sobre el origen de la vida sobre la tierra, ya que la composición de estas partículas no ha cambiado en 4.500 millones de años.

La investigación de estas partículas durará décadas y serán enviadas a 160 científicos en todo el mundo. Además, una selección de voluntarios (65.000 personas ofrecieron su ayuda) usarán software proporcionado por la NASA para trabajar desde sus casas, escudriñando imágenes de porciones de las células de la colección en un esfuerzo por localizar más rápidamente las diminutas partículas que han de estudiarse. (La mayoría de estas partículas tienen un grosor inferior a la décima parte de un cabello humano). Los granos se cree que son los prístinos restos del nacimiento del sistema solar hace unos 4.600 millones de años.

§. Viajes espaciales para gente normal

Aunque aún no se puede llamar a un agente de reservas de la NASA, el gobierno está empezando a considerar la posibilidad en el futuro de que el turismo espacial sea posible para personas con abultadas cuentas corrientes. (En 2001 el empresario americano Dennis Tito pagó a los jefes espaciales rusos 20 millones de dólares por viajar en una de sus naves espaciales, convirtiéndose en el primer turista espacial).



Un nuevo capítulo en los vuelos espaciales comenzó en julio de 1950 con el lanzamiento del primer cohete desde Cabo Cañaveral, Florida: el «Bumper 2». La fase superior fue capaz de alcanzar una altura

cercana a los 400 kilómetros. Lanzado bajo la dirección de la Compañía General Electric, se utilizó para la investigación sobre la atmósfera superior; permitió medir atributos como la temperatura del aire y los impactos de rayos cósmicos. Siete años más tarde, la Unión Soviética lanzó el «Sputnik I» y «Sputnik II», los primeros satélites en la órbita terrestre. En respuesta, en 1958, EE.UU. creó la NASA, National Aeronautics and Space Administration. (NASA)

La FAA (Administración Federal de Aviación) está actualmente pensando en normas para el entrenamiento y las cualificaciones médicas, y la propuesta completa puede verse en ast.faa.gov/files/pdf/Human_Space_Flight_NPRM.pdf.

Parte IV
Proteger nuestro planeta



Daguerrotipo de Henry David Thoreau (Benjamin D. Maxham, 1856)

Capítulo 15
Héroes poco conocidos

Contenido:

- §. Los cruzados medioambientales*
- §. Henry David Thoreau (1817-1862)*
- §. John Muir (1838-1914)*

§. *Teddy Roosevelt (1858-1919)*

§. *Marjory Stoneman Douglas (1890-1998)*

§. *Rachel Carson (1907-1964)*

§. *Julia Butterfly Hill (1974)*

§. Los cruzados medioambientales

En la mayoría de las áreas de la ciencia, es necesaria una educación especializada para avanzar en su campo, pero cuando se trata de ser un ecologista, los requisitos principales son apreciar el mundo que nos rodea y disposición por tomar medidas para salvarlo. Como demuestra este capítulo, lo que comenzó como una simple apreciación de la naturaleza se ha convertido en una lucha por mantener equilibrado el progreso y la naturaleza.

Para encontrar un comienzo del movimiento ecologista americano, necesitamos retroceder hasta Henry David Thoreau, una de las figuras más influyentes del pensamiento y la literatura estadounidenses.

§. Henry David Thoreau (1817-1862)

Cuando nos imaginamos la vida hace 150 ó 175 años, tendemos a imaginarnos a la gente viviendo en granjas o pequeñas ciudades. Creemos que aquellos que vivían en las ciudades pasaban sus días al ritmo del traqueteo de los coches de caballos y no tenían que soportar los venenosos humos de los tubos de escape de camiones o autobuses que nosotros aspiramos a diario.



Lugar donde estaba emplazada la cabaña de Henry David Thoreau cerca de Walden Pond en Massachusetts. (Library of Congress)

Pero aunque puede que la vida fuese un poco más simple —la conciencia ecológica apenas existía ya que los recursos de los EE.UU. parecían inagotables, y los terratenientes construían todo aquello que pareciese rentable—, el humo del carbón no paraba de salir de las chimeneas de las fábricas contaminando, así como los fuegos en los hogares, el aire. Nadie limpiaba lo que ensuciaban sus caballos, de modo que los viandantes en los pueblos y ciudades tenían que pisar con cuidado. Debido a que la basura se solía lanzar por la ventana, el hedor de las calles de las ciudades, sobre todo con el calor del verano, a menudo era insoportable.

De modo que cuando Thoreau se marchó a Walden Pond para su «experimento vital», resultó algo muy extraño, incluso para aquella

época. Aunque sus escritos no se vendieron muy bien durante su vida, su mensaje en *Walden, o la vida en los bosques* (1854) de que la armonía con la naturaleza era posible si se vivía con sencillez, leyendo, escribiendo y caminando por los bosques, captó la atención del público más tarde.

En 1862, el año de la muerte de Thoreau, el libro volvió a imprimirse. Desde entonces, *Walden* se ha convertido en uno de los libros más leídos e influyentes en todo el mundo, convenciendo a la gente de que el mensaje de Thoreau de vivir en armonía con la naturaleza es aún vital.

§. John Muir (1838-1914)

Poco después de Thoreau, un tipo llamado John Muir se interesó por mejorar nuestro medio ambiente y llegó a convertirse en uno de los ecologistas más influyentes de los Estados Unidos.

Muir nació y creció en Dunbar, Escocia. Cuando tenía once años, su familia emigró a los Estados Unidos y se instalaron en Portage, Wisconsin. Una vez que Muir tuvo edad de trabajar, se dedicó a despejar áreas forestales. En 1867, sin embargo, un terrible accidente mecánico se llevó la visión en uno de sus ojos y cambió el curso de su vida. Tras el incidente, Muir determinó involucrarse en todo aquello que no habría podido hacer si se hubiese quedado totalmente ciego.

La primera aventura salvaje de Muir fue una caminata de dos mil kilómetros desde Louisville, Kentucky, hasta Savannah, Georgia, en una época en la que el área apenas estaba habitada y no había

carreteras de asfalto. Este viaje consiguió impresionarle y le enseñó una lección que se propuso compartir con los demás: hay que respetar a la naturaleza.

En 1868 viajó hasta San Francisco y después hasta el área Yosemite, donde exploró las montañas de Sierra Nevada y vio por primera vez sobrecogedores precipicios y cascadas de decenas de metros, además de árboles inmensos con troncos que tenían diámetros de más de 30 metros. Con el tiempo se casó y se trasladó a Martinez, California, pero siguió viajando a Yosemite, donde observó la devastación de los valles entre las montañas y de los bosques a causa de las ovejas y el ganado, además de ser testigo de los cambios que ocurrían por la industria maderera. Se convenció de que a menos que se hiciese algo, la naturaleza que amaba desaparecería.



*John Muir y John Burroughs, posiblemente en el Gran Cañón.
(Library of Congress)*

Muir pronto se convirtió en el cruzado más activo del Yosemite, pero su posición como defensor de la naturaleza no era popular en el siglo XIX. Esta era una época en la que los colonos estaban sedientos por adquirir más tierras y no le daban importancia a explotarla mediante granjas, zonas madereras, embalsando los arroyos y creando minas. Incluso se pusieron a disposición tierras públicas para ser explotadas. En 1872, el Congreso aprobó la ahora infame Ley Minera por la que empresas e individuos podían comprar

derechos mineros para aquellas tierras públicas que creyesen contenían minerales.

Muir siguió insistiendo en su causa y finalmente sus escritos captaron la atención de Robert Underwood Johnson, el editor de *Century*, una de las revistas más importantes del país en aquella época. Uno de los primeros artículos publicados por Muir en *Century* defendía que se crease un parque nacional en el valle de Yosemite. Johnson no solo publicó el artículo sino que presionó al Congreso para que actuara. El 30 de junio de 1864, el Presidente Abraham Lincoln firmó un proyecto de ley nombrando el valle de Yosemite y el Bosque Mariposa de Secuoyas Gigantes al Estado de California fideicomiso público inalienable. Fue la primera vez en la historia en la que el gobierno federal aislaba zonas naturales para protegerlas y para permitir su disfrute por el público.

Aunque Yellowstone se convirtió en el primer parque nacional oficial en 1872, hacia 1890 Muir ganó su campaña para que Yosemite también lo fuera. Este era un concepto nuevo, y el gobierno federal aún no tenía claro cómo podían servir los parques al interés público. Johnson y otros sugirieron a Muir que se formase una asociación para proteger el recién creado Parque Nacional de Yosemite de los ganaderos que no respetaban las lindes del parque. En 1892, Muir y un número de seguidores fundaron el Sierra Club para, en palabras de Muir, «hacer algo por la naturaleza y así alegrar a las montañas». Muir hizo de presidente del club hasta su muerte en 1914.

En 1901, Muir publicó *Nuestros parques nacionales*, que captó la atención del Presidente Theodore Roosevelt, quien visitó a Muir en Yosemite en 1903. Las conversaciones entre ambos hombres pusieron los cimientos de los innovadores y excelentes programas de conservación de Roosevelt, incluyendo el establecimiento del Parque Nacional de Yosemite y los primeros monumentos nacionales por proclama presidencial.



Teddy Roosevelt y John Muir en Yosemite. / Fuente: Biblioteca del Congreso.

Desafortunadamente, Muir perdió su última propuesta, salvar el Valle Hetch Hetchy. La ciudad de San Francisco quería colocar una presa en el río Tuolumne, que fluye a través del Yosemite, para crear una fuente de agua potable y de energía hidroeléctrica. En 1913, el Congreso aprobó la Ley Raker, autorizando la construcción de la Presa O'Shaughnessy, y pronto el hermoso valle fue inundado

para dar paso al progreso. Irónicamente, ahora hay un movimiento para rescatar el Hetch Hetchy.

§. Teddy Roosevelt (1858-1919)

En fotografías o esbozos, Teddy Roosevelt, el presidente número veintiséis (1901-1909), a menudo se le retrata a caballo como parte de su grupo de Rough Riders, o con un salacot y pantalones de soldado, preparado para una de sus grandes expediciones de caza. Para hacer justicia a la memoria de Roosevelt, necesitamos poner estas imágenes en contexto, pues Roosevelt no era el explotador que estas imágenes ofrecen. De hecho, es el presidente al que hay que agradecerle la protección de gran parte del paisaje estadounidense.

Aunque hoy en día la ecología y la caza no parecen ser conciliables, a principios del siglo XX no se entendía que la naturaleza fuese un recurso limitado. La caza era también un método de aprendizaje. Aunque no hay duda de que a Roosevelt le encantaba la caza en sí, sus viajes tenían a veces el objetivo de recolectar pieles y esqueletos para los museos estadounidenses —sus botines encontraron alojamiento en la Institución Smithsonian en Washington y en el Museo Americano de Historia Natural de Nueva York.

Con toda probabilidad, el amor de Roosevelt por la naturaleza puede ser atribuido a las circunstancias de su infancia. Al crecer, sufrió mucho de asma y combatió su mala salud con el ejercicio, dando a menudo largos paseos. El uso del aire libre como método de curación llegó a formar parte de la personalidad de Roosevelt. A lo largo de su vida, a menudo buscó refugio en la vida al aire libre. Al

morir el mismo día de 1884 su primera mujer y su madre, Roosevelt respondió escapándose a un rancho que poseía en las tierras baldías del territorio de Dakota. Durante su mandato como vicepresidente, estaba paseando con su familia en los Adirondacks cuando le comunicaron que habían disparado a McKinley y que él era el nuevo presidente. Un viaje por el Amazonas fue parte de la solución a su menguante poder tras su mandato.



Año 1907, Teddy Roosevelt dando un discurso desde la parte trasera de un vagón de ferrocarril. (Library of Congress)

Como resultado de su amor por la naturaleza, Roosevelt creyó que nuestros recursos debían ser protegidos, usados con moderación, desarrollados cuando fuese necesario y conservados para las futuras generaciones. Roosevelt fue el primero en introducir el concepto de que la tierra, el agua, los minerales y los bosques del país necesitaban estar en manos del gobierno: no ser vendidos o cedidos al mejor postor como había sido la práctica hasta entonces. Contribuyó enormemente a los bosques nacionales del oeste, preservó tierras para uso público y fomentó proyectos de riego a gran escala.

Hacia el final de su mandato, Roosevelt dio un paso muy importante para extender su programa de conservación. Nombró una Comisión de Conservación Nacional en 1908, encargada de realizar el primer inventario de los recursos naturales del país.

§. Marjory Stoneman Douglas (1890-1998)

Hace tiempo la gente no comprendía que alterar la naturaleza puede causar problemas. De hecho, en 1850, anticipándose al desarrollo futuro a nivel nacional, el Congreso aprobó el Proyecto de ley Arkansas, o la Ley de Lagunas e Inundaciones Federales, que permitía que el título de los pantanos fuese transferido del gobierno federal a los estados. Florida estaba esperando esta ley, y los funcionarios del estado se dispusieron a drenar y reclamar partes de los Everglades, unas marismas subtropicales de carácter único en la parte sureña del estado y que se extienden desde el lago Okeechobee en el norte, hasta la Bahía de Florida en el sur. Se

drenaron grandes porciones de tierra para el desarrollo agrícola, pero por entonces solo se usaron tierras contiguas al lago Okeechobee. (Los primeros estudios concienzudos de los Everglades —hechos después de que los fuegos arrasaran la tierra drenada en 1939— concluyeron que la mayor parte del sur no podía cultivarse). Además, se creó un Fondo de Mejora estatal y se permitió que las compañías de ferrocarril y los constructores compraran tierras.

Por qué resulta importante lo que ocurre en otras zonas

Podríamos preguntarnos: « ¿Por qué he de preocuparme con lo que ocurra con las perforaciones en el Ártico o con que se salven los Everglades? Vivo en Texas [o pon tu país]».

La abundancia económica del mundo moderno depende de la salud del aire, el suelo y el agua. Un abogado ecologista lo explica de la siguiente manera.

El mundo es un gran ecosistema, y hemos de protegerlo y mantenerlo equilibrado. Si el hombre gasta todos los recursos del planeta, encontraremos o crearemos otros, pero si el progreso altera el equilibrio de la naturaleza hasta el punto de que grandes extensiones de tierra —digamos que el sureste de los EE.UU. o grandes porciones de India— se queden sin lluvias, eso nos hará imposible tener cosechas, alimentar a la población o tener agua para beber. Sería un desastre natural que podría tener un feo final.
(Comunicación personal)

Y si no prestamos atención al entorno cerca de nuestros hogares, seguiremos viendo titulares como el que apareció en el condado de Westchester, Nueva York, a finales de 2005: «La contaminación peor de lo que se pensaba en los campos de Walhalla». Como resultado del suelo contaminado, los administradores del instituto temieron que no pudieran usar los terrenos de deportes aquella primavera.

Hoy sabemos de los peligros del desarrollo descontrolado. Entendemos que demasiado asfalto que cubra nuestra tierra conduce a vertidos llenos de contaminantes y, a menudo, a inundaciones; que un exceso de construcción puede significar la destrucción de los hábitats de aves y animales que una vez poblaron nuestra tierra; y que jugar demasiado con la naturaleza puede conducir a desastres. Piensa en el Huracán Katrina y lo que le hizo a Nueva Orleans. Aunque la creación de diques a menudo previene las inundaciones, los diques también evitan el depósito de sedimentos que reponen la tierra. Como resultado de estas creaciones humanas en Nueva Orleans, y a la creación de líneas de tuberías y de canales para barcos, la tierra se hundió. Cuando el Katrina y sus consecuencias golpearon, la destrucción a causa de la inundación fue devastadora

En los años 40 del siglo XX, llegó una persona que cambiaría para siempre el destino de los Everglades. A Marjory Stoneman Douglas, una reportera del *Miami Herald*, le pidieron que escribiera un libro sobre el río Miami para una colección sobre ríos estadounidenses. Al comenzar a trabajar, se dio cuenta de que el río solo era una parte

de la historia, y convenció a su editor para poder escribir sobre los Everglades al completo.

Con el tiempo, Douglas comenzó a ver cómo el rápido desarrollo comercial del sur de Florida amenazaba la vasta y lenta corriente de aguas bajas de los Everglades y las altas hierbas —el «río de hierba» como lo llaman— que suministraba un lugar seguro para tantas plantas, aves y animales inusuales. Douglas comprendió que lo que los constructores trataban como una «ciénaga inútil», de hecho proporcionaba un servicio necesario desde un punto de vista ecológico para que el sur de Florida fuese habitable. Lo que los constructores no entendían era que al querer drenar y construir en el área pantanosa, destruían una pieza importante del ciclo natural. Su autobiografía de 1987, *Voice of the River [La voz del río]*, (Sarasota, FL., Pienapple Press, 1987) resume la función de los Everglades como una cuenca importante de agua para el sur del estado: «Mucha de la lluvia de la que depende el sur de Florida viene de la evaporación en los Everglades. Los Everglades se evaporan, la humedad asciende a las nubes, las nubes son llevadas por el viento al norte, y la lluvia cae sobre el río Kissimmee y el lago Okeechobee». El libro de Douglas atrajo la atención del público, y otros se unieron a su causa. Finalmente las protestas públicas llegaron hasta el entonces presidente Harry Truman, quien presentó una orden ejecutiva ese año (1947) para proteger más de dos millones de acres (8000 kilómetros cuadrados) del Parque Nacional de los Everglades. El nombre de Douglas llegó a ser sinónimo de los Everglades por sus esfuerzos incansables e importantes. Para construir una base

de apoyo creó la organización Amigos de los Everglades en 1970 y dedicó gran parte del resto de su vida a proteger el área.

Florida (1994) y el gobierno federal (1996) pusieron en marcha proyectos de reclamo a largo plazo con el objetivo de retirar los diques, volver a inundar las áreas drenadas, y «reparar» los Everglades. En el año 2000, el Congreso aprobó leyes permitiendo el proyecto multimillonario. El coste se repartiría entre el estado y el gobierno central. Douglas estaría encantada.

Los actos más sencillos pueden destruir el equilibrio

A veces una actividad aparentemente inofensiva puede destruir el equilibrio de la naturaleza. Durante los últimos cinco años, las pitones birmanas importadas desde Vietnam se han convertido en animales domésticos muy populares. Poseer estas serpientes es ilegal, pero los problemas surgen cuando crecen, pues las serpientes pueden fácilmente alcanzar los cinco metros, un tamaño nada cómodo para tenerlas en casa. Como resultado, los propietarios las han liberado con buenas intenciones en áreas pantanosas, y en un periodo de diez años, los policías en los Everglades han descubierto un buen número de estas serpientes. Tan solo en 2004, se encontraron en el parque sesenta y una serpientes de esta clase. Desafortunadamente, su liberación —y la consiguiente cría— son malas noticias para las aves y animales nativos de los Everglades. Las pitones parecen estar comiéndose a los tántalos americanos y a las ardillas zorro

del manglar y les están quitando la comida y el espacio a las especies nativas. Los guardas del parque usan perros para localizar a las pitones y así proteger el equilibrio ecológico de los Everglades.

Rachel Carson (1907-1964)

A Rachel Carson la han llamado la madre del movimiento medioambiental por lo que hizo para concienciar al mundo de los peligros del uso indiscriminado de pesticidas sintéticos, en particular del DDT.

A diferencia de algunos de los ecologistas de este capítulo, Carson tenía serias credenciales científicas. Obtuvo un máster en zoología por la Johns Hopkins University y pronto se unió al Departamento de Pesca de los EE.UU. como escritora de un programa de radio sobre la vida oceánica. En 1936 fue la primera mujer en aprobar el examen de funcionario y el Departamento de Pesca la contrató como bióloga a tiempo completo.

Durante los siguientes quince años, llegó a ser jefa editora de todas las publicaciones del Servicio de Fauna y Pesca de los EE.UU. Durante la década de 1940 Carson comenzó a escribir libros sobre sus observaciones de la vida bajo el mar, y hacia 1952 estaba lista para dimitir de su trabajo y dedicar su tiempo a escribir. Sus libros (*Under the Sea Wind [Bajo el viento marino]*, 1941, *The Sea Around Us [El mar que nos rodea]*, 1951 y *The Edge of the Sea [La orilla del mar]*, 1955) se vendieron bien, dándole reputación de naturalista respetada y escritora científica.



*La bióloga Rachel Louise Carson (1907-1964) comenzó su carrera en el U.S. Fish and Wildlife Service, pero logró la fama y la influencia social con la publicación de libros tan populares como *The Sea Around Us* (1951) y *Silent Spring* (1962).*

Cuando recibió la carta de un amigo de Massachusetts contándole las grandes cantidades de aves que morían en Cape Cod debido a las fumigaciones con DDT, Carson quiso saber más del tema e intentó atraer el interés de una revista. Aunque Carson era una autora de fama, no tuvo suerte a la hora de publicar un artículo sobre lo que comenzaba a ser un tema controvertido. Decidió que tenía que ser el tema de su siguiente libro.

Aunque no pudo vender un artículo sobre el tema, sí vendió *Silent Spring* [*Primavera silenciosa*], que fue publicado en 1962. Se convertiría en uno de los libros señeros del siglo veinte. Alertó al público sobre los peligros de los pesticidas, sobre todo en humanos. En él, Carson describía como el DDT entraba en la cadena alimenticia, se acumulaba en los tejidos adiposos de los animales, incluyendo los seres humanos, y causaba cáncer y daños genéticos. De acuerdo con Carson, una sola aplicación en una cosecha mataba a los insectos así como a un sin número de otros animales, y el pesticida seguía siendo tóxico para el medio ambiente después incluso de que fuese diluido por la lluvia, causando daños irreversibles en aves y animales y contaminando el abastecimiento alimenticio del mundo entero.

Aunque se ha experimentado con el control de plagas durante siglos, el DDT, el pesticida más poderoso que jamás se haya conocido, no se introdujo hasta 1942. Hasta ese momento, la mayoría de los pesticidas que se usaban se limitaban a destruir una o dos clases de insectos, pero el DDT era capaz de matar cientos de diferentes clases. Al principio, el DDT fue celebrado como un gran avance. Ganó fama durante la Segunda Guerra Mundial, esquilmando el Pacífico Sur de los insectos que causaban la malaria a las tropas de los EE.UU., y en Europa se usaba contra los piojos. El mundo estaba tan entusiasmado con su creación que, visto ahora resulta irónico, a su creador se le concedió el Premio Nobel.

La industria química estaba furiosa, y los críticos de Carson la llamaron «Carrie Nation», nombre de la defensora de la abstinencia

alcohólica que defendía su postura con un hacha en la mano. Carson siguió buscando de manera tranquila nuevas políticas que protegiesen la salud tanto humana como del medio ambiente. Insistía en que las personas son una parte vulnerable del mundo natural, y cualquier cosa que se use indiscriminadamente para destruir insectos no puede ser buena a la larga para los humanos. Afirmando que no estaba en contra del uso de las fumigaciones químicas, sino de su «uso indiscriminado» en un momento en el que sus efectos no eran del todo conocidos, *Silent Spring* atrajo el interés del público, y el Presidente John F. Kennedy ordenó la formación de un Comité Científico Consejero del Presidente para que examinara el asunto del que hablaba el libro.

La industria química respondió que no se trataba más que de una burda distorsión de los hechos y que la amenaza real para la humanidad eran los insectos que destruyen las cosechas y los árboles. Pero Carson se había preparado a conciencia y tenía cincuenta y cinco páginas de notas y expertos que habían leído y aprobado el libro.

El 3 de abril de 1963, *CBS Reports* presentó el programa: «La primavera silenciosa de Rachel Carson», en él Carson dijo:

Es al público al que se le está pidiendo que asuma los riesgos de los controladores de insectos. La población debe decidir si desea continuar por el camino actual, y solo puede hacerlo en plena posesión de los hechos.

Aún hablamos en términos de conquista. Todavía no hemos madurado lo suficiente como para pensar en nosotros mismos

como una pequeña parte de un vasto e increíble universo. La actitud del hombre hacia la naturaleza tiene hoy en día una importancia crítica simplemente porque hemos adquirido el tremendo poder de alterar y destruir la naturaleza.

Pero el hombre es parte de la naturaleza, y su guerra contra ella es inevitablemente una guerra contra sí mismo. Las lluvias han llegado a ser un instrumento que trae desde la atmósfera los mortales productos de las explosiones atómicas. El agua, que probablemente sea nuestro recurso natural máspreciado, se usa una y otra vez con notable imprudencia.

Sinceramente, creo que en esta generación hemos de congraciarnos con la naturaleza, y creo que como humanidad tenemos el reto de demostrar madurez y control, no de la naturaleza, sino de nosotros mismos.

La fumigación indiscriminada con DDT puede alterar la economía natural tanto como una revolución altera la economía social. El noventa por ciento de los insectos son buenos, y si se matan todo se desequilibra.

Como resultado del trabajo de Carson, el DDT fue supervisado más estrechamente por el gobierno y finalmente fue prohibido. Conoció al público de que la naturaleza es vulnerable a la intervención humana. Aunque la población nunca se había interesado mucho por los naturalistas que hablaban de la desaparición de los espacios y la fauna salvaje, los temas de los que hablaba Carson —la contaminación de la cadena alimenticia, el

cáncer, el daño genético, la muerte de especies enteras— eran demasiado terribles como para ignorarlos. Por primera vez, fue aceptada de manera general la necesidad de regular la industria para proteger el medio ambiente. Nació el ecologismo.

§. Julia Butterfly Hill (1974)

Termino este capítulo con la breve historia de Julia Butterfly Hill que, hasta ahora, se la recuerda por lo que hizo antes que por lo que ha escrito.

En 1997 Hill se convirtió en símbolo del movimiento ecologista al subirse a una enorme secuoya californiana de 55 metros para protegerla, así como al bosque en el que el árbol había vivido durante un milenio. Aunque Hill no fue la única ecologista en subirse a las ramas del árbol, apodado Luna, aquel día, se quedó en él durante dos años (738 días), hasta que la Pacific Lumber/Maxxam Corporation accedió a no derribar a Luna o a las secuoyas de alrededor y garantizó una zona protegida de tres acres. Julia Butterfly Hill demuestra que incluso una sola persona puede realizar cambios. Ya te preocupe el mercurio en el pescado (capítulo 17), el calentamiento global (capítulo 16), o de las perforaciones en el Ártico, siempre hay una forma de hacer que las cosas cambien.

Diez simples pasos

De acuerdo con el científico canadiense David Suzuki, no necesitamos subirnos a un árbol y vivir en él durante dos años o liderar un movimiento ecologista para mejorar el

medio ambiente. En su página web, www.davidsuzuki.org/WOL/Challenge/, ofrece un Desafío Natural en el que presenta diez simples pasos que se pueden tomar, y dice que es suficiente comprometerse a realizar al menos tres de ellos para hacer algo significativo:

Hogar ¡Vive de manera limpia!

- Encuentra maneras de reducir el uso de la calefacción y la electricidad del hogar en al menos un diez por ciento este año.
- Reemplaza los pesticidas químicos en tu jardín, césped y plantas por alternativas no tóxicas.
- Elige una casa y electrodomésticos eficientes desde un punto de vista energético. (Los electrodomésticos están clasificados conforme a su eficiencia energética).

Alimentación ¡Come local y sin grasa!

- Elige al menos un día a la semana para no comer carne.
- Prepara tus comidas con los productos de granjeros y productores locales durante un mes este año. (Si la comida hay que transportarla en camiones, se incrementan las emisiones de efecto invernadero y otros contaminantes).

Transporte ¡Sé ecológico!

- Cuando compres tu nuevo coche, busca que sea

eficiente en cuanto al consumo de combustible.

- Camina, monta en bici, ponte de acuerdo para ir varios en el mismo coche o usa medios de transporte para llegar a los destinos comunes cada semana.
- Si te mudas, elige una casa que esté a 30 minutos caminando, en bici o transporte público de tus destinos diarios.
- Apoya alternativas al coche. Contacta con los medios de comunicación y el gobierno para mejorar los transportes públicos y los carriles bici.

Comprométete, mantente informado

- Aprende más sobre la conservación de la naturaleza y comparte lo que has aprendido con tu familia y amigos.

Capítulo 16

Cada vez hace más calor

Contenido:

- §. *La realidad sobre el calentamiento global*
- §. *¿Qué causa el calentamiento global?*
- §. *¿Y qué?*
- §. *La carbonación de la atmósfera*
- §. *Qué hacer*
- §. *Y si alguna vez pensaste que tu voz no cuenta...*

§. La realidad sobre el calentamiento global

Con el comienzo del siglo XXI, uno de los debates más acalorados del momento es el del calentamiento global. Hay sin embargo dos hechos que no se discuten:

1. Nuestro mundo se está calentando.
2. Las actividades que consumen energía de los seres humanos son una gran causa del calentamiento.

Aunque algunos científicos cuestionen que el calentamiento global sea un problema que deba causarnos preocupación, en fecha tan reciente como 2004, unos consultores contratados por el Pentágono hicieron público un informe de seguridad nacional que predice un futuro en el que el calentamiento global causará que enormes áreas del mundo sean inhabitables y grandes carestías de agua y comida.

El informe predice migraciones generalizadas y guerras si esto realmente ocurriese.

Así que, ¿qué pasa realmente con el calentamiento global?

§. ¿Qué causa el calentamiento global?

Si recuerdas algo de la historia del planeta, entonces recordarás que ha habido varias edades de hielo (periodos en los que se han producido grandes expansiones de las capas de hielo continentales, de los hielos polares y de los glaciares), y la más reciente finalizó hace 10 000 años. De modo que es obvio que nuestro planeta ha sufrido grandes fluctuaciones de temperatura.

Lo que ha preocupado a los científicos es la rapidez del calentamiento con los años. En los últimos cincuenta años, la temperatura media global se ha incrementado al ritmo más rápido de la historia, y algunos creen que la tendencia se está acelerando: los tres años más calurosos jamás registrados han ocurrido todos desde 1998.

El hombre del tiempo no lo sabe

Todas las partes del país experimentan fluctuaciones en el clima. Ya vivas en Florida, Maine o el sur de California, el hombre del tiempo o meteorólogo probablemente haya informado de una ola de frío en tu área y haya añadido: «Bueno, no creo que estemos teniendo un calentamiento global...»

Aunque nosotros —y los meteorólogos— solo tenemos en

cuenta la temperatura del aire en el exterior, eso no es lo que los científicos estudian. Lo que hacen es documentar el tamaño de los glaciares (e índices de deshielo), las condiciones del permafrost (esa parte del suelo ártico que ha estado siempre helada), la temperatura general en la tierra y la temperatura de las aguas.

Basándose en estas mediciones, lo que cualquier científico te dirá es que nuestro planeta se está calentando.

Algunas de las mediciones científicas de mayor preocupación son:

- Casi todos los grandes glaciares del mundo están encogiéndose.
- Los océanos se están calentando, y como resultado, son más ácidos.
- La pérdida de hielo marino desde finales de los 70 es igual al tamaño de Texas y Arizona juntas.
- La capa perenne de hielo del Ártico se está encogiéndose a un ritmo del 9 por ciento por década. En septiembre de 2005, los científicos informaron de que la capa es ahora más pequeña de lo que jamás ha sido tras un siglo de mediciones.
- Hay cada vez menos diferencia entre las temperaturas diurnas y las nocturnas.
- Las plantas florecen antes en algunas áreas, y las áreas de los animales están cambiando. La lengua inuit nunca ha tenido una palabra para «petirrojo» porque estos pájaros nunca llegaron tan al norte. En años recientes, han sido vistos en zonas norteadas.

Los expertos creen que el mundo es ahora más cálido de lo que ha sido jamás en los últimos dos mil años, y si continúa la tendencia actual, será probablemente más caluroso que nunca en los últimos dos millones de años. Uno de los riesgos adicionales de esta subida de las temperaturas es que bajo ciertas condiciones, incluso el material orgánico que ha estado congelado durante milenios puede descomponerse, expulsando más dióxido de carbono y metano e incrementando aún más los gases de efecto invernadero. La Unión Geofísica Americana, una de las organizaciones científicas nacionales de mayor prestigio, ha tomado una postura oficial comentando que «las influencias naturales no pueden explicar el rápido incremento de las temperaturas globales de superficie»

§. ¿Y qué?

En 2002, Colorado, Arizona y Oregón sufrieron la peor temporada de fuegos de su historia. Ese mismo año, la sequía creó severas tormentas de polvo en Montana, Colorado y Kansas, y las inundaciones causaron daños estimados en cientos de millones de dólares en Texas, Montana y Dakota del Norte. De acuerdo con las estadísticas del Consejo de Defensa de los Recursos Nacionales, desde principios de la década de 1950, la acumulación de nieve ha bajado un 60 por ciento en algunas áreas de la cordillera de las Cascadas en Oregón y Washington. Además, los científicos realizan estas predicciones:

- La descongelación de los glaciares, la licuación temprana de la nieve, y las severas sequías causarán una mayor carestía de agua en el oeste americano.
- La subida del nivel del mar causará inundaciones colosales.
- Las temperaturas de la superficie del agua más cálidas provocarán huracanes más intensos en la costa del Golfo de México y en las zonas del sureste atlántico. El calentamiento global no crea huracanes, pero sí los hará más fuertes y peligrosos. Cuando el océano se calienta, las tormentas tropicales pueden alcanzar mayor energía y ser más poderosas.
- Los bosques, las granjas y las ciudades se enfrentarán a nuevas plagas y a más enfermedades transmitidas por mosquitos, ya que los insectos podrán migrar a áreas que anteriormente les eran inhóspitas.
- La disrupción de hábitats como los arrecifes de coral y los valles alpinos podría extinguir plantas y animales.

Y esta información solo se refiere a los Estados Unidos.

§. La carbonación de la atmósfera

El año pasado, paneles nacionales e internacionales de cientos de expertos en el clima acordaron que la mayor parte del calentamiento durante los últimos cincuenta años ha sido causado probablemente por actividades humanas generadoras de dióxido de carbono, un gas que atrapa el calor en la atmósfera como si fuese el techo de un invernadero.

El dióxido de carbono es el sub-producto de mucho de lo que hacemos, y está siendo identificado como un factor muy importante en el calentamiento global. Aunque la mayor parte de él procede de la quema de carbón y combustible a nivel industrial, el dióxido de carbono también es producido por los coches, frigoríficos y al cocinar. Estas actividades queman combustibles fósiles y añaden dióxido de carbono a la atmósfera, creando un efecto invernadero que hace que se produzca un calentamiento atmosférico. (Otras sustancias como el metano también contribuyen al efecto de calentamiento).

En 1979 la Academia Nacional de las Ciencias llevó a cabo el primer estudio riguroso del calentamiento global. Los modelos climáticos — el método usado para prever los efectos de ciertos cambios climáticos— estaban por aquel tiempo poco desarrollados, pero incluso entonces, los resultados del trabajo sobre lo que hacía el dióxido de carbono a nuestra atmósfera fueron lo suficientemente alarmantes como para que el presidente Jimmy Carter convocara a los científicos para que investigaran. Como resultado, se formó un grupo de estudio sobre el dióxido de carbono y el clima.

Lo que asusta es la velocidad a la que se han incrementado los niveles de dióxido de carbono. En la década de 1780 (más o menos a la par que la Guerra de Independencia), los niveles de dióxido de carbono eran más o menos de 280 partes por millón (más o menos los mismos que hace 2000 años). La Revolución industrial comenzó a elevar los niveles de dióxido de carbono, al principio de forma gradual. Hicieron falta casi 150 años para llegar a 315 partes por

millón. En los 70 del pasado siglo, los niveles alcanzaron las 330 partes por millón, y en los 90, se llegó a las 360 partes por millón.

A efectos prácticos, este efecto es irreversible. Aunque es posible incrementar los niveles de CO₂ con relativa rapidez, es muy difícil bajarlos de nuevo. El dióxido de carbono es un gas persistente con una duración de un siglo aproximadamente.

Aunque puede que no sea fácil, necesitamos ponernos en marcha, o esto será una pesadilla que afectará a nuestros hijos... y a los hijos de nuestros hijos.

§. Qué hacer

Aunque los estadounidenses tan solo son el 4 por ciento de la población mundial, este país produce el 25 por ciento del CO₂, por la quema de combustibles —con mucho, la mayor cantidad de cualquier país, y actualmente mayor que China, India y Japón juntas. Pero estos datos cambiarán con el crecimiento de otras naciones.

Y aunque los Estados Unidos son los que más contribuyen al problema del calentamiento global, este problema requiere apoyo universal. El Protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional que requiere que los países reduzcan las emisiones de gases que conducen al calentamiento global y al cambio climático. Aunque los Estados Unidos han acordado continuar con las conversaciones, la delegación estadounidense ha defendido reducciones voluntarias (en lugar de firmar el acuerdo que garantizaría recortes por todos los firmantes) hasta que haya una forma de que China e India —dos

países que están añadiendo fábricas donde se quema carbón a un ritmo exponencial— también firmen el acuerdo. Aunque esta posición es de algún modo entendible, algunos dirían que los Estados Unidos están perdiendo la oportunidad de liderar el camino de un mundo que demuestre que puede resolver sus problemas.

Mientras tanto, los científicos dicen que a menos que controlemos las emisiones que calientan la atmósfera, las temperaturas medias en los EE.UU. subirán entre 3 y 9 grados más a finales de siglo.

Estas son algunas de las medidas que habría que tomar:

- Reducir la contaminación causada por los vehículos y las centrales energéticas. Los Estados Unidos tienen la tecnología para reducir las emisiones de gases de las fábricas y los coches. Desafortunadamente, los fabricantes de coches y la industria en general han presionado al Congreso para que detenga o retrase la puesta en marcha de las normas que crearían estos cambios. La popularidad de los todoterrenos en los últimos quince años ha resultado en un incremento del 20 por ciento en el dióxido de carbono relacionado con el transporte desde principios de 1990.
- Necesitamos suprimir progresivamente las fábricas que queman carbón y reemplazarlas por fábricas más limpias, y ciertamente deberíamos dejar de conceder ayudas a estas fábricas. (Para obtener más razones de esto, véase el capítulo 17).
- Un giro mayor hacia las energías renovables. California ha requerido que las mayores empresas públicas obtengan un 20

por ciento de su electricidad de recursos renovables para 2017, y Nueva York ha animado a las compañías energéticas a que suministren el 25 por ciento de la electricidad del estado a partir de recursos renovables para 2013.

- Una eficacia más estricta en los electrodomésticos también sería útil. Un cambio en la era Clinton que supuso un estándar un 30 por ciento más estricto en el aire acondicionado central de los hogares y en las bombas de calor ha tenido el efecto de prevenir la emisión de 51 millones de toneladas cúbicas de carbono. Un hogar que usa electrodomésticos más eficientes desde el punto de vista energético (según consta en la etiqueta Energy Star), incluyendo los equipos de calor y frío, los electrodomésticos de la cocina y los ordenadores, podría prevenir la emisión de 35 000 kilogramos de dióxido de carbono en la vida de estos aparatos. El ahorro en contaminación sería equivalente a que un coche estuviese ocho años sin funcionar.
- Conservar la energía también de pequeñas maneras. Las bombillas fluorescentes son mejores que las incandescentes; una bombilla fluorescente puede evitar unos 350 kilos de dióxido de carbono durante su funcionamiento.
- Necesitamos hacer mayores inversiones en capital medioambiental como bosques, manglares, arrecifes de coral y otros recursos naturales que son valiosos, no solo como recursos naturales, sino como protección de la salud del mundo.

- Detener la destrucción de las selvas amazónicas. Los árboles eliminan el carbono del aire y lo acumulan en sus tejidos, ayudando a cancelar el efecto de la quema de combustibles fósiles. Los árboles muertos devuelven el carbono a la atmósfera, contribuyendo al problema.
- Plantar más bosques ordinarios —véase más arriba.

§. Y si alguna vez pensaste que tu voz no cuenta...

En 1997, el Senado tuvo ocasión de votar sobre una política contra el calentamiento global —si poner en marcha o no límites a la contaminación causante de la retención del calor— y ni un solo senador votó a favor de los límites. En 2003, cuando los senadores John McCain y Joseph Lieberman introdujeron normas para reducir y controlar las emisiones de calentamiento global, el Senado tan solo quedó a unos cuantos votos de aprobar la medida. Todos necesitamos hacer saber a nuestros congresistas que este asunto es importante para nosotros.

El problema del calentamiento global no tiene segundas oportunidades, un mensaje que los científicos de todo el mundo quieren que escuchen los gobiernos, la industria y los individuos.

Capítulo 17

El mercurio

Contenido:

§. *De medicina primitiva a azote medioambiental*

§. *La atracción del mercurio*

§. *¿Qué es de hecho?*

§. *Uso del mercurio como medicina*

§. *Odontología*

§. *¿No tienes empastes? ¿No tomas «masa azul»? ¿Estás expuesto?*

§. *Una dura lección aprendida en Japón*

§. *¿Qué pasa entonces con el pescado?*

§. *Pero ¿de dónde viene todo esto?*

§. De medicina primitiva a azote medioambiental

En la clase de química has aprendido que el mercurio es un elemento metálico (número atómico 80; símbolo químico Hg) conocido sobre todo por su uso en termómetros, aunque este uso está en declive debido a la prohibición en algunos lugares de los termómetros de mercurio no prescritos. También puede que sepas que el mercurio es un plateado metal pesado, de transición (por su posición en la tabla periódica de los elementos), y que es uno de los cinco elementos que son líquidos a temperatura ambiente.

Pero el mercurio tiene una historia larga y variada que va más allá de los termómetros y de los laboratorios de química. Durante miles

de años, el mercurio ha sido usado por personas en todo el mundo de formas muy diferentes, y solo recientemente hemos comprendido el terrible peligro que este elemento representa para la Humanidad.

§. La atracción del mercurio

España produce el 60 por ciento del suministro mundial de mercurio y hasta la primera mitad del siglo veinte era motivo de orgullo nacional.

El mercurio se obtiene de un mineral rojo en la región de Almadén, y hay una historia interesante e ilustrativa de la España medieval. Debido a que se obtenía fácilmente y era agradable a la visión, los ocupantes de los palacios españoles ordenaban construir piscinas de mercurio como ornamentación. Los reflejos plateados creaban efectos hermosos y espectaculares, pero hay informes de que las personas que vivían en dichos palacios eran tendentes a estar enfermas, y a sufrir síntomas como temblores, salivación y paranoia —que ahora sabemos que son síntomas de una intoxicación por mercurio.

Los españoles no debieron entender la causa y efecto relacionados con el mercurio porque en fecha tan reciente como 1937, España encargó al escultor Alexander Calder la creación de una fuente de mercurio para el Pabellón Español en la Exposición Universal de París. La fuente de mercurio de Calder, que estaba en el vestíbulo de entrada enfrente del *Guernica* de Picasso, había sido diseñada, como el cuadro, específicamente para la exposición con la intención de ser una afirmación política contra el expolio de Francisco Franco

de las minas de mercurio de Almadén, símbolo de orgullo nacional en la época.

La fuente de mercurio fue el primer gran encargo de Calder y hoy está instalada en la Fundació Miró en Barcelona; aunque está protegida por cristal.

§. Qué es de hecho

El mercurio se encuentra tanto en su estado elemental como en compuestos orgánicos e inorgánicos, y está presente en el medio ambiente como resultado de la actividad humana así como la de recursos naturales como los volcanes y los incendios en bosques. Ha sido usado durante tres mil años como medicina y como materia prima industrial. Hay tres formas principales del mercurio:

1. Mercurio elemental: es la forma líquida usada en los termómetros, barómetros, pilas, medicinas tradicionales, y por los estudiantes en las clases de química. Se evapora rápidamente cuando se calienta y es tóxico en su forma evaporada.
2. Las sales de mercurio inorgánico se usan en cremas antisépticas y en ungüentos y en la electroquímica.
3. Los compuestos orgánicos de mercurio como el dimetilmercurio o el metilmercurio se crean cuando el mercurio en el aire aterriza en el agua —o cuando el del suelo es arrastrado a este elemento— donde las bacterias pueden cambiarlo al metilmercurio, una forma altamente tóxica de la sustancia que se acumula en los pescados,

mariscos y animales que comen a otros peces. Son, de lejos, las formas más peligrosas del mercurio, pues pueden ser absorbidas por el cuerpo.

En los EE.UU., el uso del mercurio se generalizó durante la Fiebre del Oro cuando vieron que se podía usar en amalgamas de oro y plata. Entonces, con el comienzo de la Revolución Industrial, se encontraron muchos usos para el mercurio, incluyendo la creación de daguerrotipos, azogar cristales y como conservante. De hecho, debido a sus cualidades conservadoras era un ingrediente valioso de la pintura de las paredes hasta 1990, cuando su uso fue prohibido. El mercurio también se usa en la fabricación de químicos industriales o en aparatos electrónicos y eléctricos. El mercurio gaseoso ha sido usado en algunas formas de anuncios de neón, y el mercurio líquido a veces se usa como enfriador de reactores nucleares.

El mercurio tiene un efecto corrosivo cuando se aplica al metal, y se dice que los Aliados enviaron soldados a territorio enemigo para sabotear los aviones alemanes durante la Segunda Guerra Mundial aplicando pasta de mercurio a la capa fina de aluminio que mantiene unido al avión. Si la historia es cierta, esta técnica habría sido muy efectiva pues el mercurio corroe el metal rápidamente y los aviones se habrían desmembrado.

§. Uso del mercurio como medicina

El mercurio en la forma de pigmento rojo natural conocido como cinabrio, se usaba con fines cosméticos por los antiguos egipcios y chinos, y los griegos crearon usos medicinales con él que continuaron a lo largo de la historia. Desde el siglo XVI hasta mitad del siglo XX, las sales de mercurio fueron uno de los principales tratamientos contra la sífilis.

Se sabe que tanto el Presidente Andrew Jackson como Abraham Lincoln tomaron mercurio. En el siglo XIX, el calomel (cloruro de mercurio) era considerado un curativo y fue tomado por Andrew Jackson. Debido a que se han conservado mechones de su cabello (Jackson recibía peticiones frecuentes de muestras de sus cabellos, y como accedía a tales peticiones —y las muestras se conservaron— las tenemos para poder estudiarlas) los investigadores pudieron analizar muestras de 1815 y 1839. Ambas mostraban altos niveles de mercurio. Los historiadores informan de que muchos de los problemas físicos de Jackson —males digestivos, excesiva salivación, dolores de cabeza, temblor de las manos y disentería— podrían haber estado causados por este «tratamiento» con mercurio. Se han escrito libros recientemente sobre las depresiones de Lincoln y se ha informado sobre su uso de las pastillas llamadas «masa azul». La «masa azul» era un tratamiento popular usado en el siglo XIX para numerosas condiciones físicas como la depresión, el estreñimiento, el dolor de muelas y los embarazos. Su principal ingrediente era el mercurio elemental, combinado con raíz de regaliz, agua de rosas, miel, azúcar y una mezcla de pétalos de rosa. Los investigadores ahora saben que estas píldoras contenían tanto

mercurio elemental que pudieron causar cambios de humor, temblores y daños neurológicos a Lincoln. (Se cree que la pastilla media contenía 9000 veces más mercurio de lo aconsejado). Afortunadamente para la historia, Lincoln dejó de tomar las pastillas azules poco después de su elección.

A principios del siglo XX el mercurio se les daba a los niños anualmente contra las lombrices, y a veces se usaba en los dientes de los infantes. Incluso ahora, los compuestos de mercurio se encuentran en algunos medicamentos comunes como antisépticos, laxantes, ungüentos para bebés, colirios y espráis nasales.

Si tienes más de quince o veinte años, entonces es probable que recuerdes a tu madre usando mercromina —el líquido rojo— en cortes y raspaduras. La mercromina era anterior a la vigilancia federal sobre las medicinas, y el gobierno no se ocupó de los tratamientos antisépticos más antiguos hasta la década de 1970. Comenzaron un examen del mercurocromo en 1982, pero fue finalmente en 1998 cuando la FDA se pronunció decidiendo «que no se consideraba generalmente como seguro y efectivo» como antiséptico sin prescripción y prohibió su venta.

El problema más reciente con respecto al mercurio y la medicina ha sido su uso como conservante en las vacunas infantiles. (También se usa en la tinta de los tatuajes). Junto con el aumento del número de vacunas, ha habido un incremento en el diagnóstico de autismo en los niños.

«El sombrero loco»

La locura del sombrerero deriva del uso del mercurio. Desde mitad del siglo XVIII, se bañaban las pieles de animales en una solución anaranjada consistente en un compuesto de mercurio para realizar los sombreros de fieltro. El proceso separaba el pelo del cuero haciendo posible que el pelo se apelmazara. La solución y los vapores eran altamente tóxicos, y los síntomas en los sombrereros incluían temblores, drásticos cambios de humor, insomnio, demencia y alucinaciones. Los Estados Unidos prohibieron el uso de mercurio en la industria del fieltro en 1941.

Aunque los estudios no han probado una relación entre el trimerosol, el conservante de mercurio que se usa en las vacunas, y el autismo —los científicos aún no saben por qué hay más autismo—, hay coincidencia en que el mercurio es una neurotoxina que puede causar graves daños a un sistema nervioso en desarrollo. Como resultado, el Consejo de Defensa de los Recursos Nacionales y otros han presionado con éxito para que se retire el trimerosol de las vacunas infantiles. Ahora todas las vacunas están disponibles en forma libre de mercurio, aunque algunas vacunas contra la gripe aún lo contienen como conservante, y algunas vacunas contra la difteria y el tétano tienen trazas residuales.

§. Odontología

Incluso si evitamos el mercurio en los fármacos, una visita al dentista puede revelar que lo tienes en la boca. Si tienes empastes

de «plata», entonces tu boca contiene mercurio. El mercurio elemental es el ingrediente principal en las amalgamas dentales.

El debate sobre la seguridad de empastar los dientes con una sustancia que contiene mercurio tiene ya mucho tiempo. En fecha tan temprana como 1843, la Sociedad Americana de Cirujanos Dentales obligó a sus miembros a firmar una promesa de no usarlo; sin embargo, a veces sigue usándose. Aunque algunos activistas de la salud afirman que el mercurio se filtra de los empastes a nuestro cuerpo, el Departamento de Alimentación y Drogas realizó una declaración en 2002 que reafirmaba la opinión general: «No hay pruebas científicas válidas que muestren que las amalgamas causan daño a los pacientes con restauraciones dentales, excepto en raros casos de alergia». Irónicamente, en 1988, los restos de amalgamas dentales —empastes que han sido extraídos— fueron declarados un producto de desecho peligroso. En un intento por llevar a la nación por una dirección más positiva, California fue el primer estado en prohibir el uso de los empastes de mercurio a partir de 2006.

§. ¿No tienes empastes? ¿No tomas «masa azul»? ¿Estás expuesto?

El mercurio se libera a nuestro entorno y contamina nuestras vías de agua, donde el pescado que comemos está siendo contaminado. El mercurio se acumula en la carne del pescado y es inodoro e invisible.

Aunque algunas personas son más susceptibles a la intoxicación por mercurio que otras, se están identificando unos sorprendentes niveles de intoxicación de mercurio en los EE.UU. Una vez en el cuerpo humano, el mercurio actúa como una neurotoxina, interfiriendo con el cerebro y el sistema nervioso, y en las mujeres jóvenes se incrementa enormemente la posibilidad de tener hijos con defectos de nacimiento.

El mercurio se asienta en el cuerpo adhiriéndose a la grasa, y como las mujeres tienen un 10 por ciento más de grasa que los hombres, las hace más tendentes a la intoxicación por mercurio. Los niños también están en riesgo debido a que su sistema neurológico aún se está desarrollando.

En 2005, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades con base en Atlanta estimaron que una de cada quince mujeres estadounidenses en edad reproductiva tiene un nivel de mercurio en sangre por encima de los 5,8 microgramos por litro de sangre —un nivel que podría ser un riesgo para un feto en desarrollo.

Unos años antes, un médico californiano realizó su propio estudio y encontró que el mercurio en sangre de sus pacientes femeninas era de hecho diez veces mayor que la lectura media de los CDC; en los niños el nivel era a veces un 40 por ciento más alto. Ya se deba esta diferencia al área del país o a otra explicación, lo importante es que nadie está dando buenas noticias sobre este asunto.

§. Una dura lección aprendida en Japón

Si los peligros del mercurio no estaban del todo claros a principios del siglo veinte, quedaron totalmente en evidencia en Japón durante los 50. Minamata, en la costa occidental de la isla más meridional de Japón, estaba más al sur del lugar de la Chisso Corporation, localizada en Kumamoto, que a mitad de los años 30 fabricaba acetaldehído, una sustancia usada para la producción de plásticos. Desde 1932 a 1968, Chisso arrojaba a la bahía una media de veintisiete toneladas de compuestos de mercurio, y pasaron décadas antes de que alguien se diera cuenta de que el pesado metal se había transformado en metilmercurio, una forma orgánica que entra fácilmente en la cadena alimenticia.

Dada su localización, los residentes del área consumían pescado regularmente, pero lo primero que levantó las sospechas públicas fueron los «gatos danzarines» del área. Primero, los gatos comenzaron a mostrar signos de comportamientos erráticos. Desafortunadamente, los síntomas comenzaron a aparecer en las personas. Finalmente, más de 3000 residentes mostraron los efectos de intoxicación por mercurio, también conocida como enfermedad de Minamata, y cuyos síntomas son: anormalidades, mareos, pérdida de destrezas motoras, habla empeorada, y graves defectos de nacimiento. Murieron cuarenta y seis personas.

§. ¿Qué pasa entonces con el pescado?

Hasta la fecha, cuarenta y ocho estados han emitido consejos de pesca sobre el mercurio. En agosto de 2004, la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) anunció que el pescado en

prácticamente todos los lagos y ríos de los EE.UU. está contaminado, y a principios de 2005, un estudio en *Ecotoxicology* encontró altos niveles de mercurio en aves, salamandras y otros animales de Nueva Inglaterra que antes se pensaba estaban a salvo. Fueron noticias muy desalentadoras pues hasta hace poco se creía que las intoxicaciones por mercurio estaban limitadas a las especies que consumían la toxina directamente del agua. Lo que se está descubriendo es que cuando se emite al aire —por medio de las emisiones de centrales energéticas, por ejemplo— el mercurio viaja a distancias lejanas y se posa en hojas y plantas, donde es consumido por insectos, ciempiés, y otros pequeños animales que más tarde son ingeridos por aves y otros animales salvajes.

Más de treinta años después de que se diera la alarma, la acumulación de mercurio en los peces sigue siendo la mayor fuente de exposición al metal tóxico en los EE.UU. El Departamento de Alimentos y Medicamentos recomienda que las mujeres embarazadas, las mujeres que puedan quedarse encinta, las mujeres con niños de pecho, y los niños, eviten el tiburón, el pez espada, la caballa, los blanquillos y que limiten el consumo de atún blanco (atún enlatado y filetes de atún) a 170 gramos (una comida) a la semana. (Estos pescados están en la cima de la cadena alimenticia y contienen mayores niveles de mercurio ya que consumen pescados más pequeños en lugares contaminados). El atún claro enlatado, las gambas, el salmón, el abadejo y el pez gato pueden consumirse sin superar los 350 gramos a la semana.

Aunque la solución a largo plazo tiene que ver con reducir los niveles de mercurio en nuestro entorno, hay una solución a corto plazo. Si se detectan pronto altos niveles de mercurio en el cuerpo, la mayor parte de las personas pueden reducir estos niveles reduciendo la cantidad y la clase de pescado que consume. En casos más severos, un proceso de quelatación puede ser útil para liberar al cuerpo de esta toxina.

§. Pero ¿de dónde viene todo esto?

Las centrales eléctricas que usan carbón son la mayor fuente de emisiones de mercurio en el país, con más de 45.000 kilos de mercurio emitidos al aire cada año —un tercio del total. Las plantas de cloro, que usan grandes cantidades de mercurio para extraer cloro de la sal, también liberan toneladas de mercurio cada año. Las instalaciones que reciclan partes de coches también son una fuente de contaminación por mercurio.

Hasta el 2001 las emisiones de las fábricas y de las centrales eléctricas estaban gobernadas por la Ley de Aire Limpio, que requería que las centrales tuviesen la mejor tecnología disponible ya instalada y en marcha para el año 2009. Las mejoras preveían reducir las emisiones en un 90 por ciento. La administración Bush cambió esto, sacando a las centrales energéticas de la Ley de Aire Limpio y proponiendo un primer esfuerzo regulatorio por reducir las emisiones un 70 por ciento en trece años. Además, la EPA también permite a las compañías energéticas que compren créditos de contaminación en lugar de reducir los niveles de emisiones. Si se les

permite a los contaminadores que paguen por el derecho a contaminar, entonces las emisiones empeorarán a corto plazo.

Y aunque nuestra primera tarea es reducir las emisiones de mercurio, el problema también necesita ser encarado globalmente pues sabemos que para proteger nuestro entorno necesitamos tener en cuenta a todo el mundo.

De modo que cuidado con el consumo de pescado y escribid a vuestros congresistas y decidles que necesitamos reducir nuestra exposición al mercurio.

Parte V

Un vistazo al futuro

Capítulo 18

Nanotecnología

Contenido:

- §. *La nueva frontera*
- §. *¿Quién pensó en esto?*
- §. *Metas de la nanotecnología*
- §. *La esperanza de la nanotecnología*
- §. *Riesgos potenciales*
- §. *Temas éticos y privacidad*

§. La nueva frontera

Parece que una buena manera de concluir este libro es incluir un capítulo sobre la nanotecnología, ya que este campo de la ciencia es tan nuevo que no se encuentra en los libros de ciencias normales y porque la nanotecnología ofrece grandes promesas para el futuro. Desde la medicina y la maquinaria hasta la energía, el medio ambiente y la agricultura, este campo podría cambiarlo todo.

Pero ¿qué es la nanotecnología? Nanotecnología es un término general que describe la ciencia que trabaja con lo diminuto —el mundo del átomo o de las moléculas. Para ponerlo en perspectiva, un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro, o la millonésima parte de un milímetro. Los científicos predicen que

dentro de los próximos cincuenta años, las máquinas serán cada vez más pequeñas hasta el punto de que miles de estas diminutas máquinas cabrían en el punto que cierra esta frase. La ciencia que recibe tal nombre tiene que ver con la física de la materia condensada, la ingeniería, la biología molecular y la química. La nanociencia ya ha contribuido en gran medida a muchas industrias —hay productos y procesos en la fábrica de microprocesadores, de equipamiento pesado, y en la industria aeroespacial. La nanociencia nos ha brindado la posibilidad de realizar nuevos catalizadores, pinturas, gomas y neumáticos. Es probable incluso que ahora mismo lleves puestas algunas nanopartículas. Algunas formas de protector solar contienen nanopartículas de dióxido de titanio, que refracta la luz. Si los protectores se fabrican con partículas más grandes, entonces aparecen blancos.

Además, las nanopartículas se usan en elementos especializados sobre los que puede que hayas leído. La raqueta de tenis que utilizaba Roger Federer en 2005 estaba compuesta de nanopartículas; se añadían para suministrar sensación de solidez sin añadir peso.

Si los átomos son los componentes básicos de la naturaleza —y son los ingredientes de todo; desde un humano a un árbol— ¡imagina lo que podría hacerse si los científicos aprendieran a trabajar a esta escala por el bien de la humanidad!

§. ¿Quién pensó en esto?

El distinguido físico Richard Feynman presentó por primera vez el concepto de la nanotecnología (no el término) en un discurso que dio en la Sociedad Física Americana el 29 de diciembre de 1959, titulado: «There's Plenty of Room at the Bottom» [«Hay mucho espacio al fondo»]. Feynman predecía el día en el que tendríamos la habilidad de manipular átomos individuales y moléculas de modo que se pudiese crear un conjunto de herramientas precisas que realizasen otro conjunto de herramientas proporcionalmente pequeño, así hasta la escala necesaria. El término *nanotecnología* no fue usado hasta 1974, cuando Norio Taniguchi, profesor en la Universidad de Ciencia de Tokio, lo presentó en un artículo que trataba sobre esta materia. La ciencia se desarrolló más cuando Gerd Binnig y Heinrich Rohrer crearon el microscopio de efecto túnel en 1980, y los átomos individuales pudieron ser vistos. Durante los años siguientes, el Dr. Eric Drexler, ahora considerado como el padre de la nanotecnología, escribió un libro, *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* [*Motores de creación: La próxima era de la nanotecnología*], que desarrollaba aún más el concepto.

A partir del concepto original de Drexler, algo que ha quedado claro es que los nanobots no serán simples versiones a escala de los robots actuales. La física, tan distinta a estas escalas, indica que los nanoinstrumentos hechos por humanos se parecerán mucho más a los de la naturaleza y estarán compuestos por proteínas, ADN y membranas —como los virus.

La vida solucionó la nanociencia hace mucho —cada uno de nosotros tiene miles de millones de motores moleculares en cada célula de nuestro cuerpo. La clave es averiguar cómo dirigir motores como estos creados por humanos y hacer que no se detengan.

¡Funciona!

Uno de los imperativos de la nanotecnología es que los nanoinstrumentos han de ser capaces de auto-ensamblarse. Estas máquinas serán tan pequeñas que harán falta literalmente millones de ellas para realizar tareas que sean útiles para los humanos.

En Cornell han creado bloques de 10 centímetros cuadrados que pueden multiplicarse. Los cubos de plástico tienen cada uno diez centímetros de anchura y están cortados en diagonal en dos mitades que pivotan. Los electroimanes en los cubos se encienden y apagan, permitiendo que se reanimen y liberen otros cubos. Un grupo de tres cubos tarda un minuto en copiarse.

Una de las preocupaciones de la nanotecnología es que si la construyes bien, la nano máquina podría seguir construyendo sin parar. Con este instrumento en particular los científicos de Cornell han desarrollado unas medidas de seguridad de modo que la máquina no se salga de control. Para empezar, la máquina depende de la energía de una placa base, y los investigadores también han de «alimentar» a los robots con nuevos bloques. Otra medida es que el

número de bloques no puede exceder el número de placas.

§. Metas de la nanotecnología

Aquellos que predicen un mundo que emplee la nanotecnología imaginan un proceso que podrá realizar cualquier cosa —desde la creación de una bola de béisbol átomo a átomo a otro tipo de nanobot— que pueda avanzar por las arterias, limpiando el colesterol. La meta ha de ser aprender cómo manejar con éxito material a un nivel atómico y molecular usando herramientas químicas y mecánicas. Ha habido algunos éxitos, y algunos científicos predicen que podremos ver progresos definitivos en tan solo quince o veinte años.

Los átomos pueden ser ya manipulados, separados, y vueltos a juntar en diferentes formaciones. (Los átomos y las moléculas se unen porque tienen formas complementarias que se unen o por cargas que se atraen). Mientras se van uniendo millones de estos átomos gracias a las nano máquinas, el producto específico comienza a tomar forma. Para crear bienes nanotecnológicos, los científicos han de aprender a manipular átomos individuales y a crear «ensambladores». Debido a lo pequeño de esta tecnología, se necesitarán billones de ensambladores para que hagan el trabajo, de modo que los científicos sean capaces de hacer máquinas nanoscópicas, llamadas *replicadores*, que serán programadas para construir más ensambladores.

§. La esperanza de la nanotecnología

Bajo el mandato del Presidente Bill Clinton, el gobierno dobló su inversión en investigación y desarrollo de la nanotecnología y la denominó la nueva frontera. Este trabajo afectará a muchas agencias gubernamentales: la Fundación Nacional de Ciencia, el Departamento de Defensa, el Departamento de Energía, el Instituto Nacional de la Salud, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología. Gran parte de las investigaciones tardarán veinte años, pero podrían tener efectos sorprendentes. Esto es parte de lo que los científicos predicen que se conseguirá con esta investigación:

- Los nano materiales están demostrando ser más fuertes que el acero. Al unir una molécula con una nanopartícula, los científicos han creado fulerenos, moléculas de átomos de carbón que al unirse forman fibras tubulares llamadas nanotubos. Cuando esas fibras se unen y cristalizan, pueden actuar como el metal pero son cien veces más fuertes y cuatro veces más ligeras que el acero. La producción a gran escala de estos materiales cambiaría la forma en la que se construyen no solo los coches, sino los aviones y los transbordadores espaciales.
- La investigación conducirá a obtener fibras más fuertes. Finalmente la nanotecnología será capaz de copiar cualquier cosa, incluyendo los diamantes, el agua y la comida. El hambre sería erradicada.
- Veremos cambios en la industria de los ordenadores. Podremos almacenar billones de bytes de información en una estructura del tamaño de un terrón de azúcar. Y habrá otras mejoras en

la informática, los sensores, las comunicaciones, el almacenaje de datos y las capacidades de exposición.

- Los vehículos de combate movilizados totalmente por nanobots reducirán el riesgo humano en tiempos de guerra.
- La investigación tendrá un impacto tremendo en la industria médica.

Considera:

- Se usarán nanobots controlados por nano ordenadores o ultrasonidos, para manipular otras moléculas, destruyendo las moléculas de colesterol en las arterias, destruyendo las células cancerígenas, o construyendo átomos de tejido nervioso para acabar con las parálisis. Los pacientes podrán ingerir nanobots en fluidos, convirtiéndolo en un proceso médico muy sencillo.
- Los nano cirujanos podrán trabajar a un nivel mil veces más preciso que el escalpelo más afilado, y no habrá cicatrices.
- Se desarrollarán nuevas soluciones biomédicas para enfermedades crónicas.
- Se crearán medicamentos personalizados.
- Se inventarán instrumentos de diagnóstico médico a nanoescala.
- Aunque abundarán los debates éticos, la nanoteconología podría incluso cambiar la

aparición física reorganizando los átomos de la nariz y cambiando el color de los ojos.

- La investigación podría tener un impacto positivo en el medioambiente.
 - Nanobots aéreos podrían reconstruir la delgada capa de ozono.
 - Los contaminantes podrían ser eliminados automáticamente de las aguas, y los vertidos de crudo podrían ser limpiados de manera instantánea. Nanotubos con diámetros 50 000 veces más finos que el cabello humano podrían manipular los átomos de un vertido haciéndolo inofensivo.
 - La nanotecnología contaminará menos, y reduciremos nuestra dependencia de recursos no renovables.
- Se podrán construir muchos recursos con las nanomáquinas. En el campo de la energía, los átomos unidos podrían crear una máquina que convierta el agua en hidrógeno usando la luz del sol para crear una fuente de energía ilimitada.
- Las personas en entornos peligrosos tendrán una mayor protección. La ropa vigilará constantemente las vitales fisiológicas, advertirán sobre exposición a ciertos componentes químicos, se ajustarán para el impacto del entorno, ofrecerán camuflaje que imite el fondo o las

condiciones de luz e incluso administrarán primeros auxilios.

- La exploración del espacio se expandirá. Desde exploraciones no tripuladas al espacio exterior a grandes mejoras en los materiales de las aeronaves y vehículos de reentrada, la nanotecnología supondrá un gran avance.

§. Riesgos potenciales

Dentro de la categoría de «ojalá no hubiese dicho eso», el Dr. Eric Drexler, el padre de la nanotecnología, incluye sus declaraciones afirmando que uno de los riesgos de la nanotecnología es que las características de auto-replicación puedan llevar a una situación en la que los nanobots se descontroren y controren el mundo —lo que ahora se conoce como ecofagia (literalmente: «comerse el medio ambiente»). Una variante de este miedo es la teoría «plaga verde», en la que la nanotecnología crearía una nanomáquina auto-replicadora que consumiría todas las partículas orgánicas y crearía una masa orgánica inerte parecida al limo.

El riesgo de la plaga gris

En el peor de los casos, toda la materia del universo podría quedar convertida en limo, matando a los residentes del universo. (La palabra limo en este caso se refiere a una gran masa de nanomáquinas replicadoras sin estructura a gran escala; plaga gris se refiere a nanobots auto-replicadores fuera de control; plaga verde se refiere a un replicador orgánico como se describe más arriba). En

la reciente novela de Michael Crichton, *Prey [Presca]*, una compañía en Nevada, en parte accidentalmente y en parte a propósito, libera nanobots auto-ensambladores en el desierto; se replican rápidamente, evolucionan y amenazan a los protagonistas humanos.

De acuerdo con Chris Phoenix, director de investigación del Centro para una Tecnología Responsable, los replicadores fuera de control solo serían el producto de un proceso deliberado y difícil, y no un accidente. Drexler señala que provocar miedo hace que se huya de las promesas de la nanotecnología. Pero con el riesgo en mente, los científicos están programando nanomáquinas como fuentes de energía o para dejar de reproducirse tras un cierto número de generaciones. De esta forma ninguna nanomáquina estaría fuera de control.

Las bacterias nunca han dominado el mundo, de modo que es probable que tampoco lo hagan las nanopartículas.

Veneno y toxicidad

Se ha visto que algunos de los materiales a nanoescala más prometedores son dañinos en ciertas situaciones, de modo que los científicos tendrán que proceder con precaución. Una alta concentración de nanotubos de carbono pueden obstruir de manera fatal los pulmones de las ratas, y los fulerenes (jaulas esféricas de carbono separadas por nanometros) tienden a acumularse en el cerebro de los peces.

Las nanopartículas en el agua potable podrían ser peligrosas para los humanos y los animales, y esta nueva clase de nanosustancias necesitarán pasar por pruebas de seguridad adicionales.

Armas

Uno de los usos negativos de la nanotecnología sería el armamentístico. Aunque los nanomateriales avanzados tienen aplicaciones para mejorar armas existentes y material militar, la nanotecnología actual podría ser usada de forma más peligrosa de lo que se puede conseguir con la ingeniería genética.

Aunque podamos imaginar nanomáquinas que puedan comer goma y deshabilitar vehículos destruyendo sus neumáticos, en este momento, hay muchas otras formas de conseguir una mayor destrucción.

§. Temas éticos y privacidad

La nanotecnología podría usarse para crear equipos de vigilancia casi indetectables —micrófonos del tamaño de una molécula, cámaras y antorchas buscadoras, etc.

Ya es posible usar una identificación de radio frecuencia del tamaño de un grano de arroz para obtener informes médicos, pero esto plantea el problema de la privacidad.

Así que ¿para qué sirve un nanotubo?

En enero de 2006, catorce años tras el descubrimiento de unas moléculas con forma de lápiz llamadas nanotubos de

carbono, los científicos están encontrando una variedad de aplicaciones para ellas. Los nanotubos son 9 veces más fuertes que el acero y pueden transmitir 1000 veces más corriente eléctrica que el cobre, pero son difíciles de manipular porque cada tubo es una pequeña fracción de la anchura del punto al final de esta frase.

Un grupo de la Universidad de Texas, a las órdenes de Ray Baughman, ha aprendido a tejer nanotubos formando materiales útiles. Usando hilanderos de lana australianos, los investigadores han desarrollado un método de doblar los tubos formando largas fibras y han creado sábanas de nanotubos tan finas que un acre (4046 m²) del material pesa tan solo 125 gramos.

Dos equipos están trabajando en aplicaciones médicas de los nanotubos. Debido a que el cuerpo humano puede absorber el carbono, los científicos de la Universidad de Stanford han creado nanotubos diseñados para invadir las células cancerígenas. En la Universidad de California, Riverside, están tratando de encontrar formas de usar los nanotubos para curar los huesos rotos.

FIN