



Reseña

La Tierra es un planeta con una larga historia al que hace miles de millones le nació la vida. Desde entonces, la actividad de los distintos organismos ha ido creando las condiciones ambientales en las que nosotros, la especie Homo sapiens, vinimos al mundo. Unos recién llegados que, como el resto de los seres vivos, dejamos nuestra huella. Desde hace muy poco tiempo, unos diez mil años, empezamos a comportarnos de una manera extremadamente peculiar: en vez de adaptarnos al entorno, empezamos a modificarlo en nuestro beneficio. A partir de entonces se puede decir que nuestra huella se ha ido convirtiendo más bien en un pisotón.

Índice

Prólogo

1. Un descubrimiento tan grande que nadie se ha dado cuenta
2. La diosa Gaia y sus profetas
3. Muchas gracias, pequeñas, os debemos la vida
4. La importancia de una mala digestión
5. ¿Intercambias genes o te los guardas?
6. ¿Dónde se metían los animales, que no aparecen?
7. Unas delicatessen venidas del Cámbrico
8. Una cápsula de supervivencia en forma de huevo
9. ¿Por qué no vuelan los elefantes y se suben a los árboles las ballenas?
10. El suelo se mueve bajo los pies
11. Unos machos muy peleones
12. La Tierra tiritita
13. Los homínidos conocen mundo...
14. ... y se conocen a sí mismos
15. Algunos decidieron ganarse el pan
16. ... y empezaron a cambiar la piel de la Tierra
17. Pero no todas son tierras de garbanzos
18. Los campesinos hacen paisajes
19. Alumbrar, cocinar, calentar y mucho más
20. Cada vez más juntos
21. ¡Cuánta basura!
22. El hombre propone y el cielo dispone

23. [Guerra y paz](#)

24. [Sube la fiebre](#)

[Epílogo](#)

Breve historia de la Tierra (con nosotros dentro) es la edición actualizada de *Elemental, queridos humanos*, publicado por Temas de Hoy en 2010 en una presentación ilustrada con viñetas de Forges. Fue un privilegio contar con su colaboración para acercar la historia de la vida en la Tierra al público a través de un lenguaje cotidiano hecho imágenes y un humor inimitable.

Prólogo

La idea de escribir este libro surgió en relación con el Año Internacional de la Biodiversidad 2010. Estaría bien que lo celebráramos todas las especies de la biosfera como corresponde, pero es muy dudoso que los no humanos tengan algo que celebrar. El «Antropoceno», o Era de los Humanos (como antes las hubo de los mamíferos, de los reptiles o de los peces), ha empezado con una extinción masiva. El meteorito somos nosotros.

Hay, pues, que echar la vista atrás, muy atrás, y contar las cosas desde el principio. La vida empezó hace miles de millones de años, y la actividad de los organismos desde entonces ha ido creando las condiciones ambientales en las que nosotros, la especie *Homo sapiens*, vinimos al mundo. No fue —en apariencia— un gran acontecimiento de la evolución, porque ya había habido antes otras especies humanas en África y en Eurasia. Los nuevos humanos seguían siendo unos cazadores sociales de buen tamaño, muy

eficaces cuando mataban en grupo, y que además consumían vegetales para completar su dieta. Carnívoros y vegetarianos sociales, una mezcla original y curiosa. También confeccionaban instrumentos de piedra tallada para cortar la carne y romper los huesos, ya que la anatomía revelaba que sus orígenes no eran de temibles carniceros, sino de comedores de vegetales tiernos y frutos maduros en el bosque tropical.

Pero el *Homo sapiens* era especial porque se adornaba y hablaba. Y además los nuevos humanos, aparecidos en África, tenían conciencia de sí mismos, aunque nada de esto sabían las demás especies animales con las que se relacionaban. La nuestra se quedó finalmente sola, porque desaparecieron los otros humanos, y viajó hasta Australia y las dos Américas, donde no había nadie (así solemos decir, aunque la vida bullía por todas partes).

Y aquí termina la Paleontología Humana, pero no la Prehistoria, porque todavía no se había inventado la escritura. Los humanos empezaron a cultivar vegetales y a apacentar sus rebaños y para ello tuvieron que transformar los ecosistemas. Luego inventaron la metalurgia y la escritura, y para esos pueblos tan cultos terminaba la Prehistoria. Pero no acaba aquí nuestro relato, que continúa hasta nuestros días, porque queremos contar la historia completa, en la que también estamos las generaciones actuales. Nos parecía a los autores que esa era la originalidad del libro, es decir, que cuenta la historia de la biosfera entera, sin dividirla en dos partes.

Hemos dicho «biosfera» pero en realidad deberíamos decir «Tierra», y por eso el libro es una breve historia del planeta, al menos desde

que existe la vida en él. Y sorprendentemente empezó muy pronto, en cuanto las condiciones fisicoquímicas lo permitieron, como si fuera inevitable que la vida prendiera si las variables de partida eran las adecuadas. Y fue la propia vida la que cambió, como veremos, la composición de la atmósfera y de la superficie de la corteza terrestre. Porque lo que este libro cuenta, sobre todo, es un maravilloso descubrimiento del siglo XX, que a los autores nos parece que representa un avance científico superior a cualquiera de los anteriores, porque los comprende y los integra a todos.

Para entender en qué consiste solo hay que pararse a pensar en lo que estamos haciendo nosotros los humanos con nuestras actividades: la agricultura, la ganadería, la pesca y la industria. Aparte de la extinción de muchas especies, del empobrecimiento de la biosfera (más del 90 por ciento de la biomasa total de mamíferos de la Tierra consiste en seres humanos y animales domésticos), estamos alterando la atmósfera, produciendo como consecuencia un calentamiento global que hace retroceder a los glaciares y fundirse a los polos, lo que aumenta el nivel de los mares.

Acabamos de ver en una sola frase cómo las sociedades humanas, al explotar los yacimientos (subterráneos) de combustibles fósiles que proceden de biosferas antiguas y esquilmar la biosfera actual, modifican la atmósfera, perturban el clima y rompen el equilibrio entre las masas de agua y de hielo. Lo que queremos decir en este libro es que la Tierra es un gran y único sistema que está formado por una serie de esferas concéntricas (también la humanidad es una de ellas) que están conectadas. Ese es el descubrimiento tan

importante al que nos referíamos, porque ahora, por fin, ya sabemos cuál es nuestro lugar en la Naturaleza.

Juan Luis Arsuaga y Milagros Algaba

Capítulo 1

Un descubrimiento tan grande que nadie se ha dado cuenta

La Tierra es el planeta que habitamos y su forma es esférica, según nos enseñan en la escuela, aunque achatada por los polos. Es nuestra casa, pero no es ella la única esfera en la que vivimos. Hay una «envoltura» exterior que llamamos comúnmente aire, o sea, la atmósfera, y sin la cual no podríamos existir. Igual que las estrellas de mar son animales del fondo del mar, nosotros somos seres del *fondo del aire*. En la atmósfera está el oxígeno que respiramos, junto con otros gases, porque no es una «envoltura» sólida, como el suelo que pisamos, sino gaseosa, que puede a su vez subdividirse en varias esferas concéntricas. La composición química de la atmósfera es en parte responsable del clima que tenemos, pero también intervienen otros factores. Algunos externos, como la cantidad de radiación solar que nos llega, y otros intrínsecos al propio planeta..., pero de estos temas ya hablaremos más adelante.

Llamamos también tierra a la superficie emergida, la que está seca, porque la mayor parte del planeta es mar. Por eso podemos hablar de esa inmensa y continua masa de agua líquida como de una esfera, a la que llamamos *hidrosfera*. Si giramos un globo terráqueo hasta que París esté en el Polo Norte, entonces la mitad del hemisferio superior sería continente y casi todo el hemisferio de abajo, mar.

De todos modos, no le faltaba razón al británico Arthur C. Clarke (1917-2008) —el autor de relatos de ciencia ficción tan inolvidables

como *2001. Una odisea espacial* (escrito a medias con el director Stanley Kubrick) — cuando se preguntaba por qué decimos Tierra cuando haríamos mejor en llamar Océano a nuestro planeta.

Pero además hay enormes cantidades de agua en estado sólido, sobre todo en los mantos de hielo de la Antártida y, en mucha menor medida, de Groenlandia, que si se derritieran harían que el nivel del mar subiera muchas decenas de metros. El hielo en la Antártida alcanza espesores de cuatro kilómetros y en Groenlandia, de más de tres. Esa «envoltura» blanca que recubre parte de la tierra firme forma una esfera fría llamada *criosfera*. En las épocas glaciales —ahora estamos en un periodo interglacial—, una parte considerable de las tierras del norte de Europa, Asia y América —y también de Patagonia— estaba cubierta por gruesos escudos de hielo, con casquetes menores emplazados en las mesetas y cadenas montañosas situadas más al sur. El nivel del mar bajó más de cien metros y las costas se alejaron, porque las plataformas continentales se vieron libres de la invasión marina. Y no debe olvidarse que hay todavía grandes extensiones de Siberia y Norteamérica en las que el suelo se hiela hasta profundidades de más de un kilómetro. Es el *permafrost*, y los paisajes que le corresponden en la superficie son las inmensas tundras de líquenes y musgos en las que rumian el reno y el buey almizclero. Durante las glaciaciones una enorme extensión de Eurasia y Alaska estaba ocupada por un *bioma* inacabable llamado tundra-estepa, en el que además de los herbívoros de la tundra actual también pacían los de la estepa, como el caballo y el antílope saiga, y recorrían las tierras

yermas los desaparecidos mamuts y rinocerontes lanudos (y un tipo de bisonte diferente de los dos actuales). Había entonces escasísimos bosques en las latitudes altas y medias del hemisferio norte. Todas estas «envolturas», la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, han cambiado a lo largo del tiempo, y también lo han hecho los continentes y los océanos, que no han sido siempre iguales, ni han ocupado el mismo sitio. La corteza terrestre, tanto la continental como la que forma el fondo oceánico (junto con la parte superior del *manto* subyacente), está dividida en placas en continuo movimiento que forman otra «envoltura» llamada *litosfera*. Esta corteza agrietada se ha comparado con la banquisa polar, que es un gran banco de hielo que se raja y se parte en algunos lugares, mientras que las lajas flotantes chocan y se empujan —levantándose— en otros.

Un geoquímico ruso (medio ucraniano), Vladímir Vernadski (1863-1945), desarrolló un pensamiento que ahora nos parece a todos evidente: que los seres vivos también constituyen una fina «envoltura» de la Tierra. Junto con el azul intenso del mar, el abigarrado color de las rocas y el blanco luminoso del hielo, la cubierta vegetal, clorofílica, le da al planeta un nuevo color: el verde de la *biosfera*. El libro de Vernadski titulado *Biosfera* se publicó en ruso en 1926 y en francés en 1929.

Vernadski trató en París hacia 1925 a un paleontólogo más joven que él, que era jesuita y se llamaba Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955). Según el científico y místico francés, los seres humanos estaban tejiendo una capa sutil —aún más fina que la

biosfera—, a modo de «envoltura» consciente, una red de cerebros entrelazados y trabajando juntos; una esfera pensante a la que llamó *noosfera*. Para Teilhard de Chardin esta capa era etérea, casi virtual, y venía a ser como el sistema nervioso del «hombre-especie». Pero hoy en día la humanidad tiene una apariencia mucho más sólida y visible. Las imágenes de la Tierra vista desde el espacio, con sus miríadas de puntos de luz artificial que brillan en la oscuridad de la noche formando una superficie cada vez más extensa y conectada, nos convencen de que, nos guste o no, esa capa humana es una realidad cada vez más presente.

Y, muy importante, ahora viene lo que a nuestro juicio constituye el descubrimiento científico fundamental de los últimos tiempos —quizás de todo el siglo XX—: todas esas esferas, lejos de ser sistemas independientes, interactúan entre sí y se influyen, intercambiando materiales, transformándose mutuamente. Así ha sido siempre, durante miles de millones de años —desde que hay vida en la Tierra—, y así será siempre, con una importante particularidad: ahora los humanos, nosotros, formamos también una parte decisiva del sistema global.

Capítulo 2

La diosa Gaia y sus profetas

Gaia es el nombre de una diosa griega que personifica a la Tierra, y que también se conoce como Gea, y así interviene en tantas palabras compuestas que se refieren a lo mineral e inanimado —a las piedras—, como la misma *geología*. Pero la Gran Diosa es tan madre de lo vivo como de lo muerto.

Para mucha gente de hoy, que no conoce la mitología clásica, Gaia es otra cosa, un concepto vago y difícil de precisar, pero que no tiene que ver con lo muerto, sino todo lo contrario, se refiere a la vida y sus manifestaciones al más alto nivel. Podría expresarse diciendo que el planeta está vivo, que no es una casa, sino un cuerpo. Y que nosotros —los humanos— también somos Gaia. Y que, aunque carece de consciencia, actúa muy inteligentemente manteniendo sus constantes vitales suficientemente estables como para permitir una vida exuberante. Hay mucha mística *New Age* en torno a Gaia y bastante escepticismo científico, sobre todo cuando se compara a Gaia con un organismo individual, pero al final acaba saliendo en todas las conversaciones sobre el pasado y el futuro de la vida en el planeta que habitamos... o del que somos una parte, según Gaia.

La idea original, la base científica, es del británico James Lovelock, el nombre de Gaia se lo sugirió el novelista William Golding, y su principal defensora era la microbióloga americana Lynn Margulis (1938-2011).

Es muy interesante señalar que Lovelock es un químico que estudiaba la atmósfera, pero se dio cuenta de que la química por sí sola no explicaba su composición, sino que hacía falta recurrir a la biología. Cuando se compara nuestra atmósfera con las de los cercanos planetas Marte y Venus —compuestas casi solo de CO₂—, la diferencia es tan enorme que da que pensar. La atmósfera de la Tierra es una anomalía, se dijo Lovelock, porque está muy alejada del equilibrio químico. Algún factor muy potente tiene que estar actuando en ella, diría un científico extraterrestre que estudiara la composición de nuestra atmósfera como nosotros lo hacemos con las de los planetas muertos del sistema solar. Esa variable tan importante que hay que introducir en el sistema es la *biota*, el conjunto de los seres vivos que existen. Así fue como Lovelock dio a luz el concepto de Gaia —que popularizó en su libro de 1979 del mismo título—, que consiste en que la vida que hay en la superficie de la Tierra viene interaccionando con la atmósfera desde hace muchísimo tiempo, regulando su composición y temperatura y manteniendo así la estabilidad de su propio hábitat.

En los últimos años se han descubierto más de cuatro mil exoplanetas, que son planetas que orbitan alrededor de soles que no son el nuestro. Una fracción no despreciable de ellos tiene el tamaño de la Tierra y está a la distancia adecuada de su estrella para albergar agua en estado líquido y vida. Aún no es posible, pero pronto se podrá ver con potentes telescopios si esos planetas tienen atmósfera, observándolos cuando pasen por delante de su sol. Esa atmósfera será, de existir, una «envoltura» muy delgada —como la

piel de una cebolla—, pero al ser atravesada por los rayos de luz podremos saber cuál es su composición. Veremos entonces si alguna de esas atmósferas es también una anomalía química, es decir, si ha sido modificada por la actividad de los organismos vivientes.

La idea de que la Tierra —es decir, la biota, más el suelo, más el agua, más los gases— funciona como un superorganismo —o un supersistema cibernético— que se autorregula manteniendo constantes la composición de la atmósfera, la temperatura de la superficie y la salinidad de los océanos, hace rechinar los dientes de muchos investigadores. ¿Por qué? A los científicos no les gustan en general las metáforas —a menudo solo son pompas de jabón llenas de aire— y está en particular trasluce una intencionalidad que la ciencia niega a la naturaleza. En lugar de propósitos e intenciones, buscamos leyes fijas y ciegas. Seguramente, como tal teoría, Gaia no se puede contrastar con los datos, no hay forma de ponerla a prueba y por lo tanto no es una idea científica, sino metafísica.

Pero, para los autores de este libro, la integración de las ciencias geológicas, físicas, químicas y biológicas puede considerarse una gran aportación del genial James Lovelock y desde luego una perspectiva muy seria y recomendable para la investigación. En todo caso, *Gaia: una nueva visión de la vida sobre la Tierra* es ya uno de los ensayos científicos clásicos de la segunda mitad del siglo XX.

La hipótesis Gaia

Tanto se ha escrito sobre la hipótesis Gaia que puede ser útil releer un par de definiciones de J. E. Lovelock, el padre de la criatura, que aparecen en su libro Gaia: una nueva visión de la vida sobre la Tierra.

«Postula que las condiciones físicas y químicas de la superficie de la Tierra, de la atmósfera y de los océanos han sido y son adecuadas para la vida gracias a la presencia misma de la vida, lo que contrasta con la idea convencional según la cual la vida y las condiciones planetarias siguieron caminos separados, adaptándose la primera a las segundas.»

«Utilizo a menudo la palabra Gaia como abreviatura de la hipótesis misma, a saber: la biosfera es una entidad autorregulada con capacidad para mantener la salud de nuestro planeta mediante el control del entorno químico y físico. Ha sido ocasionalmente difícil, sin acudir a circunlocuciones excesivas, evitar hablar de Gaia como si fuera un ser consciente: deseo subrayar que ello no va más allá del grado de personalización que a un navío le confiere su nombre, reconocimiento a fin de cuentas de la identidad que hasta una serie de piezas de madera y metal puede ostentar cuando han sido específicamente diseñadas y ensambladas, del carácter que trasciende a la simple suma de las partes.»

Capítulo 3

Muchas gracias, pequeñas, os debemos la vida

Cuando un paleontólogo —que no es otra cosa que un historiador de la Vida— utiliza el pronombre personal *nosotros*, hay que preguntarle a quiénes se refiere. Porque es posible que aluda a nosotros (y nosotras) los seres humanos, que formamos la especie *Homo sapiens*, la que sabe. Si es así, nosotros (hombres y mujeres) tenemos poco tiempo de vida, y la noosfera, muchísimo menos; en realidad, es una «envuelta» muy reciente que todavía estamos construyendo. Nuestra especie empezó hace 200.000 años, más o menos, en África. Desde allí se extendió a todo el mundo, pero no inmediatamente. A Europa llegamos hace unos 45.000 años, a Australia aproximadamente por la misma época, a América hace unos 15.000 años, a Groenlandia hace mucho menos —unos 4.500 años—, y en la Antártida no vivimos, salvo en las bases científicas (y temporalmente). Durante mucho tiempo, y al poblar tierras tan alejadas, la Humanidad se escindió en múltiples culturas, más o menos aisladas entre sí, de modo que luego tuvimos que *descubrirnos* unos a otros. Con el descubrimiento de América en 1492 empezó una fase histórica de grandes navegaciones alrededor del globo que ya no es de divergencia cultural, sino de convergencia, aproximación e interdependencia, una globalización que las modernas técnicas de comunicación han favorecido enormemente. Hoy vivimos en la era Internet y nuestros cerebros *navegan* por la Red.

Pero el paleontólogo puede querer referirse a los *homininos* cuando utiliza el término *nosotros*, y entonces la historia es más vieja porque nos separamos de la línea de los chimpancés hace seis o siete millones de años. O ese nosotros puede abarcar a todos los simios antropomorfos (u *hominoideos*), grupo al que también pertenecemos, o a los primates o monos en su conjunto —que aparecieron en la era de los dinosaurios—, o a los vertebrados terrestres de cuatro patas (los *tetrápodos*) que empezaron con los anfibios, o a los vertebrados en general —que surgieron en el mar—, o a los animales sin exclusión, o al grupo de los seres vivos que tienen células complejas, o, en fin, a la totalidad de los seres vivos.

La Tierra tiene una larga historia, a lo largo de la cual ha ido cambiando, y la Vida, desde que existe, lo ha hecho también. Por eso tendremos que utilizar en nuestro libro términos un poco enrevesados que se refieren a las edades de la Tierra: la escala de tiempo geológico. Las tres eras más recientes (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico) pertenecen al eón Fanerozoico, que se llama así porque aparecen multitud de fósiles de animales en las rocas. En el larguísimo eón anterior, llamado Proterozoico, apenas hay fósiles de seres vivos. Y en el anterior eón (el Azoico) que va desde hace 2400 millones de años hasta hace unos 4500 millones de años, el rastro de la vida es aún más tenue.

Así pues, la vida apareció en el planeta hace más de 3500 millones de años, y desde entonces existe la biosfera, que se fue desplegando en torno al planeta. Si lo ponemos en kilómetros, la andadura empezó hace unos 3700 kilómetros —más o menos la distancia

entre Estambul y Madrid— y los humanos surgimos cuando quedaban solo doscientos metros para llegar al presente, es decir, prácticamente en el mismo centro (y nos separamos de los chimpancés seis o siete kilómetros antes, ya dentro de la ciudad).

Antes de que apareciera un ser vivo, el planeta estaba muerto — inanimado— en el sentido de que no había biología, pero era muy activo químicamente y geológicamente. Aquella Tierra *prebiótica* no tenía habitantes. La vida surgió de reacciones químicas y se basa en cadenas de carbono. Es posible que de haber vida en otros planetas se fundamente en moléculas de otro átomo, pero hay muchas razones para pensar que solo es posible —en cualquier lugar— a partir de la química del carbono y siempre que haya agua en estado líquido. Es decir, en un planeta no demasiado frío ni excesivamente caliente.

La vida es comestible

Es un problema arduo el de definir la vida, a pesar de lo fácil que parece —a primera vista— distinguir lo animado de lo inanimado, lo orgánico de lo inorgánico. Pero ocurre que la biología tiene conexiones con las otras ciencias experimentales, la química, la física y la geología, y los límites entre unas y otras son tan borrosos que tal vez sería mejor no intentar separarlas.

Sirva como paliativo pseudo filosófico de los agobios de cada día —no acabamos un trabajo y ya tenemos otro encima, mientras que en el horizonte se anuncian más y más fatigas y la cadena parece no tener fin— esta definición de vida, o mejor, de estar

vivo: consiste en resolver problemas. Las rocas y los minerales, desde luego, no lo hacen. Tampoco los muertos, que ya han dejado de estar entre los vivos, aunque un minuto antes todavía no, y pese a que por un tiempo mantengan la misma estructura y composición. Pero les falta ese hálito, y ya no hacen nada.

A continuación copiamos una definición más seria de la vida, que se encuentra en el famoso libro Gaia: una nueva visión de la vida sobre la Tierra, de J. L. Lovelock: «Un estado de la materia que aparece frecuentemente en la superficie y en los océanos terrestres. Está compuesta de complejas combinaciones de hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo, además de muchos otros elementos en cantidades mínimas. La mayor parte de las formas de vida pueden reconocerse instantáneamente, aun sin haberlas visto antes, y son con frecuencia comestibles. La vida, sin embargo, ha resistido hasta ahora todos los intentos de encerrarla en una definición física normal». Es simpático esto de que lo vivo se come y lo mineral no. Bien mirado..., es verdad.

El primer ser vivo tuvo que ser muy simple, sin una membrana nuclear que separase el material genético del resto de la célula —el citoplasma— y sin orgánulos (que, por pequeños que sean, tienen tanta importancia que luego hablaremos de ellos más detenidamente). En la biosfera actual hay dos clases de organismos de ese tipo: las bacterias y las *cianobacterias* o algas azules (como se llamaban antes en español; ahora se conocen más bien como algas

verdeazuladas, en traducción literal del inglés, pero en todo caso ¡no son algas!). Las bacterias, a su vez, son de dos tipos: las *eubacterias* (en realidad, y siendo muy puntillosos, las cianobacterias están dentro de las eubacterias) y las arqueobacterias o arqueas. Estas últimas pueden vivir en situaciones muy extremas en las que ninguna otra forma de vida es concebible, como medios *anaeróbicos*, es decir, sin oxígeno, o ambientes muy calientes, muy ácidos o muy salinos, y están consideradas como las bacterias más primitivas; o, mejor dicho, se piensa que los primeros seres vivientes fueron arqueobacterias.

Las algas azules, por su parte, forman en algunos mares cálidos colonias cementadas que tienen consistencia dura y forma de montículo. Se llaman *estromatolitos*. Algunos estromatolitos han aparecido fosilizados en rocas antiquísimas, como las de Warrawoona (Australia) de hace 3500 millones de años, nada menos. Ya empezaban, por tanto, a formarse estructuras visibles de origen biológico, con precipitación de carbonatos.

Aunque bacterias y algas azules tienen tamaño microscópico, su influencia fue —y es— enorme en nuestro planeta y aquí empieza la historia de la relación entre la biosfera y las otras esferas de la Tierra. Cuando apareció la vida, el gas más abundante de la atmósfera terrestre era el nitrógeno, igual que ahora, pero el siguiente gas era el dióxido de carbono (CO₂) y luego —en muy pequeña cantidad— el hidrógeno; en cambio, no había oxígeno libre. Las bacterias y algas azules —que se conocen en conjunto como *procariontes*— vivían, pues, en condiciones anaeróbicas. Pero las

algas azules tienen la capacidad de sintetizar materia orgánica — igual que las plantas, que aparecieron mucho más tarde— utilizando la luz solar como fuente de energía —*fotosíntesis*—, y como subproducto producen oxígeno (que es un desecho: su «basura»). Este elemento químico se empezó a combinar con otros átomos, formando sulfatos y óxidos de hierro, hasta que su exceso se incorporó a la atmósfera en forma de gas, donde ahora representa la quinta parte del total y es el segundo más importante después del nitrógeno. El dióxido de carbono es tan solo una minúscula fracción del 0,03 por ciento, pese a su importancia en el clima, y el hidrógeno y otros gases se encuentran en cantidades ínfimas.

Desde hace unos 2000 millones de años, y gracias a las algas azules, la vida se desarrolla en su mayor parte en un medio *aeróbico*, rico en oxígeno. ¡Esto sí es dejar una impronta en el planeta! Merece la pena pararse a pensar en que la incipiente biosfera cambió, con su actividad, la composición de la atmósfera y de la corteza terrestre. Y con la llegada del oxígeno a la atmósfera se desarrollaron y proliferaron los organismos que dependen de él para obtener la energía necesaria para sus procesos vitales.

Capítulo 4

La importancia de una mala digestión

En la biosfera actual hay muchos organismos pluricelulares, es decir, compuestos de células de diferentes tipos organizadas en tejidos. Son los animales, los vegetales y los hongos. Pero esas células no son como las bacterias y las algas azules (los procariontes), sino más bien como las de otros organismos unicelulares llamados *protistas*, y perdón por el nombrecito. Los protistas incluyen a los antiguos protozoos, que quizás os suenen más. La diferencia está en que estas nuevas células —llamadas *eucarióticas*— tienen membrana nuclear, dentro de la cual se encuentra el ADN, y también poseen unos orgánulos en el citoplasma, es decir, entre la membrana nuclear y la membrana celular. Uno de esos orgánulos es la *mitocondria*, que es donde se encuentra la «maquinaria biológica» para respirar el oxígeno, «quemando» en una combustión lenta —oxidando— compuestos de carbono —grasas y azúcares— para así obtener energía química. Los vegetales, por su parte, tienen además *cloroplastos*, con clorofila dentro para realizar la fotosíntesis y generar materia orgánica.

Lo curioso de estos orgánulos —mitocondrias y cloroplastos— es que también tienen material genético, como el núcleo. ¿No es esto raro? Una explicación que se ha dado es la de que unas bacterias, que ya tenían membrana nuclear aunque no se sabe muy bien cómo la consiguieron, ingirieron —pero no digirieron— a otras, que se quedaron dentro de la célula del depredador, de la que pasaron a

depender, colaborando al mismo tiempo en la vida de la nueva célula compuesta. Así, unas bacterias de vida libre que respiraban oxígeno —o sea, que eran aerobias— se convirtieron en las mitocondrias «cautivas» de la célula compuesta, y otras bacterias que vivían por su cuenta y que realizaban la fotosíntesis —del estilo de las cianobacterias— pasaron a ser los cloroplastos del nuevo consorcio celular.

También se dice que unas bacterias muy «nadadoras» llamadas *espiroquetas* se convirtieron en los cilios y los flagelos que impulsan a algunos protistas, y también a nuestros espermatozoides. E incluso podrían tener el mismo origen los filamentos o fibras del *huso mitótico* que hacen posible la división celular o *mitosis*, ya que por ellos se separan los cromosomas en dos lotes exactamente iguales. Esta teoría se llama *endosimbiosis* y su principal defensora fue la estadounidense Lynn Margulis, ya citada a propósito de Gaia. La endosimbiosis es además una teoría que contradice la idea fundamental de Darwin, la de la selección natural. Según esta, los cambios evolutivos son pequeños, producto de mutaciones de efectos mínimos y fruto del azar, y solo su acumulación a lo largo de la inmensidad del tiempo geológico —bajo la constante supervisión de la selección natural— produce grandes resultados. Es decir, con la misma lentitud con que se levantó el Himalaya desde el fondo del mar —muy poco a poco— o con que las viejas cordilleras del Paleozoico fueron siendo erosionadas por los agentes del clima hasta transformarse en inmensas planicies —como la penillanura extremeña—, así, una bacteria podría haber ido modificándose muy

despacio para terminar, después de más de 1.500 millones de años de evolución, convirtiéndose en un protista. Pero la teoría de Margulis dice que no fue de este modo como aparecieron las células complejas, sino por fusión de células simples. Claro está que Darwin desarrolló su teoría para explicar las adaptaciones de los animales y de las plantas y no pensaba en los microbios, por lo que es en ese terreno de los organismos pluricelulares donde debe ser contrastada. Pero eso no le quita importancia a los microorganismos, que fueron los únicos seres vivos durante muchísimo tiempo y continúan siendo los más abundantes de la biosfera.

Todo lo que se diga es poco de la importancia de este paso —de esta transición— desde las células sencillas a las células complejas. Solo estas últimas podrían asociarse algún día, muy lejano, formando conjuntos denominados organismos pluricelulares —la siguiente transición evolutiva—. Pero ya hablaremos de eso más adelante. Ahora merece la pena preguntarse si la endosimbiosis era inevitable una vez que aparecieron y proliferaron los organismos simples. Tal vez haya mucha vida sencilla por ahí —en la galaxia—, pero puede que la endosimbiosis no sea tan frecuente y no abunden los planetas con células complejas. Quizás tuvimos mucha suerte los organismos pluricelulares con esta «mala digestión».

Capítulo 5

¿Intercambias genes o te los guardas?

El inglés R. H. Whittaker con la colaboración de la misma Margulis ha propuesto una división de la vida en cinco reinos, que conviene conocer porque la mayor parte de la gente cree que solo hay dos: animal y vegetal.

Por un lado están las bacterias y cianobacterias (*Reino Monera*), conjunto amplísimo y variadísimo de organismos unicelulares que no tienen núcleo ni orgánulos y que aparecieron hace más de 3.500 millones de años. Luego, por *simbiogénesis seriada* —es decir, por incorporación sucesiva de diferentes tipos de procariontes— aparecieron hace unos 2.000 millones de años los protistas (*Reino Protoctista*), que son organismos unicelulares con núcleo y orgánulos. Todos tienen mitocondrias y algunos de ellos cuentan además con cloroplastos y por medio de la fotosíntesis pueden producir moléculas orgánicas. De estos últimos protistas proceden las plantas (*Reino Plantae*), y de los que no tenían clorofila vienen los animales (*Reino Animalia*) y los hongos (*Reino Fungi*).

Las algas, que tradicionalmente se han considerado vegetales, porque son pluricelulares y grandes, pertenecen según algunos al reino de los protistas, ya que carecen de los órganos y en general de la complejidad de las verdaderas plantas terrestres. Pero si usted prefiere llamar vegetales, en sentido amplio —*sensu lato*—, a las algas, como estudió en el colegio y se ha dicho toda la vida, por nosotros no hay ningún problema.

Durante mucho tiempo solo hubo seres unicelulares —microscópicos— y quizás más de 3000 millones de años después de que surgiera la vida aparecieron los organismos que son pluricelulares y a la vez complejos. Los tres reinos más modernos son los animales, las plantas y los hongos. Los primeros tienen 600 o 700 millones de años, y los segundos y terceros, unos 450 millones de años.

No nos habríamos arriesgado a aburrir tanto al lector si no fuera porque los organismos formados por una o más células compuestas —es decir, cuatro de los cinco reinos— tuvieron un gran éxito evolutivo, y nosotros —los humanos en este caso— somos uno de sus representantes actuales. Pero, eso sí, en el Año de la Biodiversidad procede recordar que solo formamos una de las ramas —o, mejor, una de las hojas— de uno de los cinco reinos vivientes. También es un buen momento para reflexionar sobre el hecho de que los cinco reinos no se pueden poner en fila, como si fueran otras tantas grandes etapas de una secuencia de cambio en línea recta, sino que la evolución tiene, desde el principio, forma de árbol. Y tampoco podemos caer en el error de creer que las ramas que surgen cerca de la base del tronco ya no crecen. Al contrario, todos los reinos han continuado evolucionando a partir del momento en el que aparecieron, como lo han hecho las divisiones menores que vinieron luego, porque a una horquilla le siguen otras y así la vida se va dividiendo y diversificando permanentemente. Algunas ramas se secan, porque son mayoría los grupos biológicos que se han extinguido a lo largo de la inmensidad del tiempo geológico; pero

otras ramas, más jóvenes, ocupan su lugar, de manera que la copa del árbol de la vida se mantiene siempre frondosa, aunque sufra de cuando en cuando podas drásticas, que llamamos extinciones en masa.

Diversidades

Estamos tan familiarizados con el término «biodiversidad» —que significa, obviamente, la variedad de formas de vida que existen en un lugar determinado o en todo el planeta— que nos parece que se ha utilizado siempre, pero es relativamente nuevo, de 1988. El primero que lo usó fue un notable investigador, el entomólogo norteamericano E. O. Wilson. Este científico y ensayista —seguro que él se definiría también como humanista— es muy famoso, entre otras cosas por haber desarrollado una nueva rama de la ciencia del comportamiento llamada sociobiología. La novedad consiste en que se explica la organización social de las especies de acuerdo con los principios del neodarwinismo (esta corriente evolucionista fue el resultado de la fusión del darwinismo con la genética moderna). La sociobiología es una disciplina polémica, sobre todo cuando se extiende a nuestra especie, ya que —según esta escuela de pensamiento biológico— los genes tienen mucho que decir en la conducta social.

Usted mismo puede preguntarse qué parte de su personalidad — en privado y en público— es heredada y qué parte se la ha fabricado usted mismo, o se la han impuesto a través de la

educación. ¿Está usted determinado genéticamente o por el entorno? ¿Hasta qué punto toma sus decisiones libremente? Aunque la pregunta estaría mejor formulada así: ¿cómo ha influido el ambiente en la expresión de sus genes —porque seguro que lo ha hecho— para dar lugar al individuo que es usted, tanto en lo físico como en lo psicológico?

Volvamos otra vez al problema de la vida, porque además de ser una buena pregunta teórica, tiene su lado práctico. Antes hemos visto una definición química, pero hay mucho más que decir. Cuando viajemos por el espacio, empezando por Marte, ¿cómo sabremos si algo está vivo? Ya hemos dicho que en principio no cabe encontrar vida en planetas en los que el agua está congelada o se ha evaporado, y quizás debemos buscar exclusivamente moléculas formadas por cadenas de carbono, pero ¿qué más? Los seres vivos se reproducen, crecen y también se reparan —obteniendo para ello materia orgánica ya fabricada o produciéndola—, respiran —para obtener energía—, producen desechos como resultado de su metabolismo —urea, heces, dióxido de carbono u oxígeno— y se desplazan. Si vemos una cosa que se mueve y cambia de trayectoria en Marte, pensaremos sin duda que es un ser parecido a un animal. Estas características, sin embargo, no las comparten todos los seres vivos, porque las plantas y los hongos no cambian de sitio. Además, mientras que unos se aprovechan de la materia orgánica que ya existe —los *heterótrofos*—, como animales y hongos, otros la

sintetizan —los *autótrofos*—, como las plantas, las algas y las cianobacterias, con la ayuda de la luz del sol.

Lo que todos los seres vivos tienen en común es que son capaces de autocopiarse. Para ello cuentan con un sistema de información, el material genético, que contiene las instrucciones —la «receta»— para producir una réplica del organismo y —lo que es más asombroso— también una copia del propio sistema de información.

Como todos los seres vivos de la Tierra tienen la misma molécula de la herencia (el ADN), y lo que es más importante, el mismo código genético, podemos estar seguros de que todos nosotros —aquí el pronombre personal se refiere al conjunto de los seres vivos— procedemos de un antepasado común.

Otro gran invento de la evolución —ya se ha dicho— fue la asociación de las células eucarióticas de vida libre en conjuntos, que formaron así organismos pluricelulares. Las células se diferenciaron luego dentro de cada individuo y formaron tejidos, y estos dieron lugar a órganos, y los órganos se integraron en sistemas, y uno de ellos es el sistema nervioso de los animales, conectado con el exterior a través de los órganos de los sentidos. Más tarde apareció el cerebro y, hace muy poco tiempo geológico, la conciencia de los humanos, que nos convierte en seres únicos. Pero quizás estemos avanzando demasiado deprisa porque, cuando surgieron los primeros animales —los *metazoos*—, la vida se desarrollaba exclusivamente en el medio húmedo. En la Tierra seca no había vida, la biosfera todavía no se había expandido por ella. Puesto en términos épicos, nos faltaba conquistar los continentes.

Una cosa muy interesante que tienen en común animales, hongos y plantas —o sea, todos los organismos pluricelulares complejos— y algunos protistas, es el sexo. Nos reproducimos por medio de células sexuales cuyas dotaciones genéticas se suman en el nuevo individuo, que así cuenta con dos juegos de genes.

No está claro qué ventajas tiene el sexo y por qué hay que buscar pareja —con las complicaciones y peligros que tiene y la energía que se derrocha— para perpetuarse en la descendencia, en lugar de recurrir por sistema a la gemación —reproducción por yemas, como hacen las hidras— o a la partenogénesis —sin intervención del macho, como hacen algunos reptiles— en el caso de los animales, y a los estolones, esquejes y rebrotes —multiplicación sin semilla— en el de las plantas. Desde luego, el sexo es divertido, pero ese adjetivo no se puede extender a las plantas y a los hongos.

Por otra parte, la contrapartida es que la recombinación genética a la que da lugar este juego proporciona mucha variedad a las especies, ya que no hay dos individuos iguales (salvo los gemelos, que proceden del mismo óvulo), y esa variación permite que queden casi siempre algunos supervivientes si se produce un cambio ambiental adverso para los miembros normales de la especie.

El caso es que en la evolución nos ha ido mejor con la reproducción sexual que con la asexual y por eso se ha hecho predominante.

Capítulo 6

¿Dónde se metían los animales, que no aparecen?

«Por lo tanto, si mi teoría es verdadera, es indiscutible que antes de que se depositase el estrato cámbrico inferior transcurrieron largos periodos, tan largos o probablemente mayores que el espacio de tiempo que ha separado la edad cámbrica del día de hoy, y durante estos vastos periodos los seres vivientes hormigueaban en el mundo.»

Esto es lo que dice Darwin en *El origen de las especies*, y lo escribe en un apartado que lleva por nombre «Sobre la aparición súbita de grupos de especies afines en los estratos fosilíferos más bajos que se conocen», que a su vez pertenece al capítulo titulado «De la imperfección de los registros geológicos».

Todo el mundo se equivoca

«Sir W. Thompson llega a la conclusión de que la consolidación de la corteza terrestre difícilmente pudo haber ocurrido hace menos de veinte millones de años ni hace más de cuatrocientos, y que probablemente ocurrió no hace menos de noventa y ocho ni más de doscientos.» Así escribía Charles Darwin en la sexta edición de El origen de las especies, y la verdad es que estaba muy preocupado el hombre.

¿Era suficiente ese tiempo para que se hubieran producido por evolución todas las formas de vida que existen en la actualidad, tan variadas y tan complejas muchas de ellas? Parecía que había

poco margen, y hoy sabemos que hizo falta infinitamente más tiempo para que surgiera siquiera una célula compleja a partir de una simple. Pocos párrafos después, Darwin apunta una solución a la escasez de tiempo, que es en realidad una aceptación de la teoría de sir W. Thompson: tal vez la evolución fuera más rápida al principio y luego se hiciera lenta (aunque nosotros sabemos que no fue así). Por eso añade: «Es, sin embargo, probable, como afirma sir W. Thompson, que el mundo, en un periodo antiquísimo, estuvo sometido a cambios más rápidos y violentos en sus condiciones físicas que los que actualmente ocurren, y estos cambios habrían tendido a producir modificaciones proporcionales en los organismos que entonces existiesen». Darwin estaba convencido de que la evolución es la consecuencia de los cambios ambientales, la respuesta de la biología a la geología.

¿Quién era ese sir W. Thompson que ponía a Darwin en apuros? Un anti darwinista, pero no cualquier anti darwinista, sino el gran físico lord Kelvin (1824-1907). No era creacionista, pero creía en una evolución guiada por Dios, no por la selección natural de Darwin. Para las estimaciones de la edad de la Tierra se basaba en sus cálculos de la velocidad de enfriamiento del planeta a partir de una fase de formación en la que era un cuerpo planetario en estado de fusión.

Pero lord Kelvin se equivocaba por completo, ya que desconocía que la radioactividad produce calor, como demostró el premio Nobel neozelandés Ernest Rutherford (1871-1937), a quien

también hicieron lord —¡qué grandes científicos ha dado el Imperio británico, y qué maravilla cómo los honraban!—.

Desde las profundidades de la Tierra fluye calor a la superficie, que se puede medir en las minas y sondeos. El interior tiene que estar muy caliente porque la temperatura aumenta unos 3° cada cien metros de profundidad —es lo que se llama gradiente geotérmico—. Lord Kelvin pensaba que ese calor interno es el remanente de cuando el planeta estaba fundido, y que todavía no se había terminado de enfriar, por lo que tenía que ser muy joven. Pero en realidad la mayor parte del calor interior procede de la desintegración —que se sigue produciendo— de los elementos radioactivos, como determinados isótopos —variedades— del uranio, del potasio y del torio. Es decir, existe una fuente activa de calor —una «caldera»— en el interior de la Tierra.

Y precisamente gracias a ciertos elementos radioactivos —aprovechando que su ritmo de descomposición es constante—, se han podido datar las rocas más viejas de la Tierra y comprobar que eran mucho más antiguas de lo que Darwin hubiera podido imaginar. El naturalista tenía razón y el físico se equivocaba. Esto tiene su gracia porque lord Kelvin decía —un tanto despectivamente, nos parece— que las ciencias naturales no serían verdaderas ciencias hasta que pudieran ser formuladas en términos numéricos y con ecuaciones matemáticas. Y sin embargo, los fósiles hablaban muy claramente —sin necesidad de números— de la gran antigüedad de la Tierra.

Lord Kelvin también predijo que los aviones nunca volarían y no estuvo en eso muy acertado, pero todos nos equivocamos y lo que cuenta son los grandes aciertos que tuvo, como físico teórico y como inventor e ingeniero.

De la frase de Darwin y del título del capítulo es fácil deducir que algo muy raro tuvo lugar en el Cámbrico.

Y lo que pasó fue que hicieron su entrada en el registro fósil los animales que hoy en día conocemos, tanto vertebrados como invertebrados, y dentro de estos últimos bastantes tipos de organismos que desaparecieron luego —sobre todo de *artrópodos*, que son animales con patas articuladas y un *exoesqueleto* o esqueleto externo que se muda para poder crecer—.

Antes del Cámbrico, que empieza hace 542 millones de años, no hay ni rastro de conchas —como las de los moluscos—, caparazones —como los de los crustáceos o los extinguidos *trilobites*—, placas —como las de los erizos de mar y otros *equinodermos*—, dientes o huesos —como los de los vertebrados—. Tampoco había corales, que mucho más adelante llegarían a constituir las mayores estructuras de origen biológico que han existido y todavía existen en el planeta —solo las mayores ciudades humanas pueden hacerles la competencia—. ¡Sí, los corales construyen enormes murallas!

¿Es que los antepasados de los grupos que tienen —desde el Cámbrico hasta hoy— partes duras simplemente vivían «desnudos» en el Precámbrico? ¿O es que todos los grandes tipos de animales

vivientes, y algunos otros, surgieron con el Cámbrico, como una gran fiesta de fuegos artificiales de la vida?

La pregunta sigue en el aire. Darwin estaba en lo cierto cuando decía que había pasado mucho tiempo antes del Cámbrico para que aparecieran los animales, mucho más que el que ha transcurrido después —hasta el presente—, y tenía razón porque la vida empieza hace seguramente más de 3.500 millones de años —como sabemos— y el Cámbrico hace solo 542 millones de años. Se tardó mucho hasta que aparecieron los eucariontes, según vimos, pero ¿qué hay de los animales? Solo se han encontrado en el lógamo marino de lo que hoy es Australia (en las Ediacara Hills, cerca de Adelaida) y en rocas de otros continentes impresiones, huellas, trazas dejadas desde hace 600 millones de años por animales, pero son invertebrados de cuerpo blando, tipo gusanos (*¿anélidos?*), *cnidarios* —como las actinias y medusas—, esponjas y quizás otras formas animales muy diferentes que no llegaron al Cámbrico y de las que no tenemos ni la menor idea porque no se parecen a nada de lo existente.

Quede ese reto para los paleontólogos de hoy y de mañana mientras seguimos con la evolución de los vertebrados, que conocemos relativamente bien. Pero todavía estábamos en el agua y nosotros (los vertebrados) ni siquiera «soñábamos» con salir de ella. ¿Para qué íbamos a hacerlo? En seco no pueden vivir las algas, y las plantas todavía no habían colonizado los continentes y, claro, tampoco los invertebrados las habían podido seguir. Aún no había insectos volando, ni lombrices escarbando. Casi toda la Tierra era

un desierto, porque incluso en el mar la vida se concentra en una pequeñísima parte de las masas de aguas: allí donde hay luz y nutrientes.

Unos pequeños Peter Pan

Los vertebrados nos consideramos —bueno, solo lo hacemos los humanos, el resto no piensa— el producto más acabado de la evolución. Los invertebrados nos parecen poca cosa, aunque sean más en términos numéricos, y no digamos las bacterias, que son muchísimas más. Y sin embargo nuestros orígenes son muy humildes y están, desde luego, entre los invertebrados.

Los animales se dividen en grandes grupos, llamados filos, que están tan separados y desde hace tanto tiempo que no hay formas intermedias que los unan. Son diseños radicalmente diferentes, inventos geniales de la evolución. Criaturas producidas por dioses variopintos, tal vez enfrentados. Los vertebrados no constituyen un filo propio —no tenemos tanta categoría, oh, sorpresa—, sino que están dentro del filo de los cordados —y por cierto, el filo más cercano al de los cordados es el de los equinodermos, o sea, los erizos de mar, las estrellas de mar y las holoturias—.

Un animal cordado es aquel que tiene una estructura cilíndrica maciza y consistente —pero a la vez flexible— que lo recorre casi entero, y en la que se apoyan los músculos segmentados —repetidos a lo largo del cuerpo—, que permiten que este se cimbrée. El elástico soporte se llama notocorda o notocordio y se

encuentra en el mismo lugar que la columna vertebral de los vertebrados. Tal estructura, que se podría comparar humorísticamente con una salchicha fina, no existe en los mamíferos adultos, como los humanos, pero sí en el embrión de cada uno de nosotros, hasta que es sustituida por las vértebras. Los cordados tienen además un tubo neural o cordón nervioso hueco situado por encima de la notocorda, es decir, en posición dorsal.

Hay un pequeño animal que vive en el fango marino, que no es un pez, ni un vertebrado, pero tiene notocorda y tubo neural y por lo tanto es un cordado. Se llama anfioxo y su faringe está comunicada con el exterior por muchos pares de hendiduras branquiales. El agua que entra por la boca sale por las ranuras y así respira el animal el oxígeno del agua y al mismo tiempo se alimenta, porque retiene en las hendiduras partículas orgánicas en suspensión. Su modo de vida es, pues, muy simple, ya que se trata de un animal suspensívoro. Un anfioxo tiene boca, pero no cráneo, ni por supuesto mandíbula, ni cerebro, ni ojos propiamente dichos. Los primeros vertebrados no debieron de ser muy diferentes, ni en tipo, ni en organización, ni en hábitat, ni en alimentación.

Pero hay un tercer subtipo de cordados todavía más raro, el de los tunicados. Son las ascidias, que viven fijas en el mar, y parecen cualquier cosa menos un pez. Se nutren gracias al alimento que filtran a través de su enorme faringe perforada, que es su órgano más desarrollado. En eso sí que se parecen a los

otros cordados, pero no hay ni asomo de notocorda. Sin embargo, sus larvas —a través de las cuales se dispersan y colonizan nuevos espacios— son muy móviles y además de la faringe horadada tienen notocorda. Cuando llegan al final de su aventura viajera, esos diminutos «renacuajos» se fijan al sustrato por la boca y se transforman en una enorme faringe perforada metida dentro de un saco, mientras el cordón nervioso se reduce a un simple ganglio. Ya no lo necesitan para coordinar los movimientos de los músculos seriados que se asentaban en la notocorda de sus larvas y que permitían que nadaran. Una vida muy tranquila y sedentaria la de la ascidia adulta, desde luego, «muy seria», podríamos decir.

Pero no despreciemos por ello a las ascidias, porque su pequeña larva guarda quizás la clave del origen de los anfibios y de los vertebrados. ¿No podría haber sucedido que algunas de estas larvas no se hubieran fijado nunca y hubieran llevado para siempre vida móvil, «negándose a crecer»? El fenómeno —de la biología del desarrollo y de la biología evolutiva— consistente en que los adultos de una especie se parecen a los inmaduros de la antepasada —reteniendo características infantiles— se conoce como neotenia y se produce porque la maduración sexual se adelanta y se detiene el crecimiento.

En todo caso, si fuera verdad la teoría de la larva de ascidia vagabunda y aventurera que nunca se hizo grande, como piensan un gran número de expertos, podemos imaginar que

descendemos de unos pequeños, traviesos y filtradores Peter Pan.

Capítulo 7

Unas delicatessen venidas del cámbrico

En Galicia comen un raro pescado llamado lamprea. Se pesca cuando, procedentes del mar, remontan los ríos para desovar y morir. Pero, al final del invierno, al llegar el cuco de África se acaba la lamprea, que se dice que ya está «cucada». El sabor es fuerte. Se trata de un pescado con mucha sangre. Algunos tienen prejuicios contra las lampreas porque cuentan que se comen a los marineros ahogados. Saben que tiene una boca rara, sin mandíbula, y que por eso no pueden capturar presas. Son parásitos de otros peces, se pegan a ellos para chuparles su sangre y su carne.

Pero las lampreas no son peces como los demás, sino vertebrados pisciformes, es decir, que solo se parecen en la forma externa. Todos los vertebrados acuáticos que hubo en la Era Primaria (o Paleozoico) tenían necesariamente forma de pez —más o menos hidrodinámica— para poder nadar eficazmente.

Además, las lampreas son unos representantes vivientes de los *agnatos*, es decir, los vertebrados sin mandíbulas, que fueron los primeros que hubo, allá por el Cámbrico misterioso. Eso no quiere decir que las lampreas sean fósiles vivientes, y mucho menos nuestros antepasados, porque se han modificado muchísimo desde entonces, convirtiéndose en parásitos —hay otros agnatos que son carroñeros— de los verdaderos peces, que aparecieron luego.

Los agnatos que conocemos del segundo *periodo* de la Era Primaria (el Ordovícico) son realmente curiosos porque llevan la parte

anterior del cuerpo recubierta de grandes placas óseas, por lo que se han llamado «peces acorazados» (técnicamente, *ostracodermos*). No tenían aletas propiamente dichas y no eran nadadores veloces. Por lo tanto, no podían ser depredadores, sino presas. ¿De quién se protegían tanto aquellos lentos y pesados antepasados de las lampreas? Quizás de un terrible cazador invertebrado: el *euriptérico*, un «escorpión de agua» gigante, que podía medir a veces más de dos metros (eran *quelicerados* como los cangrejos-cacerola, las arañas y los escorpiones verdaderos, pero de otro grupo).

Nosotros (en este caso los vertebrados con mandíbula) aparecimos más tarde —también en el agua—, en el Silúrico, pero nos hicimos realmente abundantes en el Devónico, que ha sido llamado «el periodo de los peces». Los primeros vertebrados con mandíbula seguían teniendo grandes placas óseas en la parte anterior del cuerpo, que fueron luego desapareciendo para dar lugar a vertebrados mucho más ligeros, que surcaban con velocidad las aguas continentales y marinas.

Aunque ya no tenemos los mamíferos y los humanos hueso «por fuera» —o hueso *dérmico*—, porque ha desaparecido la armadura ósea que protegía a nuestros primeros antepasados acuáticos, no debe pensarse que no ha quedado nada. Los huesos del cráneo cerebral, aunque cubiertos por una delgada capa de piel, son de ese tipo.

En las aguas dulces y saladas viven dos clases diferentes de «peces»: los que tienen el esqueleto hecho de cartílago —como los tiburones, rayas, etc. — y los que lo tienen de hueso. Nosotros (ahora somos

los vertebrados terrestres) pertenecemos a esta última categoría. Pero hay dos clases de *osteíctios* (peces con esqueleto óseo). Por un lado, está la gran mayoría, los que todo el mundo conoce, los que nos sirven en la mesa. Sus aletas, si nos fijamos, tienen solo radios córneos —fácilmente quebradizos— como las varillas de un abanico (los huesos y músculos que mueven la aleta se encuentran en la base).

Por otro lado, están unos peces óseos que únicamente conocen los aficionados a las curiosidades de la naturaleza y los estudiosos. No se comen y son muy raros. Las aletas tienen huesos hasta muy adentro, además de radios, y son más carnosas: se dice que están lobuladas. La disposición de estos huesos recuerda a la de las extremidades de los vertebrados terrestres: un hueso impar que forma la articulación de la aleta con el cuerpo, como el húmero o el fémur; luego, hacia el interior de la aleta, dos huesos formando pareja, como el cúbito y el radio o la tibia y el peroné, y más adentro otra serie de huesos. Además, estos peces pueden respirar el oxígeno atmosférico porque tienen dos pulmones, y también el oxígeno disuelto en el agua, en este caso por medio de las branquias. Los orificios nasales externos dan a unos sacos donde solo reside el sentido del olfato en los «otros peces» (los «de mesa»). Pero en los peces que nos ocupan se continúan hasta el interior de la boca, a la que se abren por unos orificios nasales internos (llamados *coanas*); de este modo, pueden respirar con la boca cerrada en la superficie, sin que les entre agua.

En el Devónico los peces de aletas lobuladas eran más abundantes que los peces de aletas de radios, pero ahora solo quedan unas pocas especies que han cambiado mucho. Por un lado, están los peces *pulmonados* o *dipnoos*, que todavía respiran oxígeno del aire en las cálidas charcas de Australia, África y Sudamérica cuando la sequía hace que se evapore el agua. Pero otro pez de aspecto completamente diferente es el famoso *celacanto*, que, aunque hoy vive a grandes profundidades en el océano Pacífico y ya no respira el oxígeno del aire, recuerda bastante a nuestros antepasados del Devónico y por eso se dice de él que es un «fósil viviente» (desde luego, su descubrimiento en las aguas de Sudáfrica en 1939 fue una sorpresa monumental para los científicos).

Casi no hace falta que digamos que nosotros (en este caso los tetrápodos o vertebrados que se desplazan a cuatro patas sobre la tierra firme) descendemos de alguno de estos peces que tenían cuatro aletas carnosas —dos pectorales y dos pélvicas—, coanas y pulmones con los que respiraban el oxígeno del aire en algún lago, estuario o río donde las masas de agua se reducían y fragmentaban durante las sequías, poniendo a prueba la capacidad de supervivencia de sus habitantes.

Eso sucedió en el Devónico superior, pero ya empezaba la tierra firme a ser colonizada por las primeras plantas, capaces de vivir en seco, y por los primeros invertebrados terrestres. Las plantas no tenían flores ni semillas, se reproducían por esporas y eran de dos tipos, que han llegado hasta la actualidad. Las más simples eran como los musgos y *hepáticas* de hoy, que carecen de raíces y de

vasos. Otras plantas, llamadas *vasculares*, tenían raíces y conducciones para los líquidos. En las plantas vasculares unas «tuberías» llevan agua con sales minerales desde las raíces hacia arriba, mientras que otras «cañerías» transportan los azúcares producidos por la fotosíntesis hacia abajo. Las plantas vasculares sin semillas (*pteridofitas*) incluyen hoy a los familiares helechos y a los *equisetos* o colas de caballo y *licopodios*, menos conocidos por el gran público aunque se pueden encontrar sin gran dificultad en España. Todavía habitan en ciertas regiones tropicales helechos grandes como árboles.

El Devónico fue pródigo en vertebrados acuáticos, pero el siguiente periodo, el Carbonífero, verá los continentes llenarse de vida vegetal y animal. El carbón que quemamos —materia orgánica fósil, a fin de cuentas— se formó en gran parte en este periodo de vegetación exuberante. Y, no olvidemos esto que —como veremos más adelante— tiene mucha importancia, el CO₂ que tomaron entonces las plantas de la atmósfera al realizar la fotosíntesis lo liberamos ahora —los humanos— a la atmósfera al quemar el carbón para producir energía.

También se encontraban en el Carbonífero unas plantas de otro tipo, asimismo vasculares, pero con semillas en lugar de esporas. Eran las *gimnospermas* —como los actuales pinos, abetos, enebros y cipreses— y las *cicas*, que no viven espontáneamente en España, porque son tropicales, pero se pueden ver fácilmente en los jardines. Los pinos producen polen —auténticas «lluvias de azufre»—, algo que puede ver cualquiera. Pero no se ven en cambio sus flores,

porque tienen las semillas «desnudas», es decir, los óvulos que el polen fertiliza no están protegidos por un *carpelo*.

Las *angiospermas*, en cambio, tienen carpelos y son las plantas que dominan los ecosistemas terrestres. Sus flores se abrieron en la segunda era, el Mesozoico. Cuando los dinosaurios se extinguieron, hace 65 millones de años, las plantas con flores eran mayoritarias.

Capítulo 8

Una cápsula de supervivencia en forma de huevo

Los anfibios se defienden bien en la tierra firme, qué duda cabe, pero necesitan la presencia cercana del agua para vivir. Su piel no es seca, sino húmeda, y respiran principalmente a través de ella, más que por los pulmones. Llevan una «doble vida», como dice su propio nombre en griego. Y echan especialmente de menos su pasado exclusivamente acuático a la hora de reproducirse, porque sus huevos son esencialmente como los de sus antepasados, los peces de aletas lobuladas, y solo pueden desarrollarse en el agua. Los renacuajos incluso tienen branquias externas para respirar el oxígeno disuelto en el agua.

Para convertirse en un auténtico habitante de la tierra seca hay que aislarse para conservar la humedad, y lo tiene que hacer tanto el adulto como el embrión en el huevo, porque ni los reptiles, ni las aves, ni los mamíferos vuelven a desovar al mar o a los ríos y charcas. Estos tres grupos de vertebrados tetrápodos tienen en común un tipo muy especial de desarrollo embrionario, que se produce dentro de un líquido pero fuera del agua: todos ellos son —somos—*amniotas*.

Los reptiles y aves —sin excepción— ponen huevos con cáscara, y solo unos pocos mamíferos lo hacen todavía: los ornitorrincos del este de Australia y de Tasmania y equidnas de Australia y de Nueva Guinea (técnicamente llamados en conjunto *monotremas*). La cáscara de los huevos amnióticos es dura pero porosa, y a través de

ella intercambia gases con el exterior el embrión, que se alimenta de las sustancias de reserva contenidas en el *saco vitelino* (la familiar yema de los huevos de gallina).

Hay mamíferos que paren fetos tan pequeños que tienen que seguir desarrollándose fuera del vientre de la madre al amparo de una bolsa —que funciona como una incubadora natural— y se llaman marsupiales, como el canguro, el koala o el diablo de Tasmania. Pero la mayoría de los mamíferos son —somos— placentados (es decir, nos desarrollamos en una placenta y nacemos mucho más maduros que los marsupiales), aunque el *líquido amniótico* en el que flotamos antes de nacer nos recuerda nuestro antiquísimo origen.

Pero estamos evolucionando demasiado deprisa y debemos desandar lo andado para encontrar nuestras raíces.

En el periodo final de la primera era, llamado Pérmico, es donde se encuentran las cepas de los grandes grupos de la segunda era: los diferentes tipos de reptiles (terrestres, acuáticos o voladores) y también los mamíferos, que no son posteriores a los dinosaurios, sino que evolucionaron junto a ellos... aunque no tuvieran tanto éxito en la segunda era, el Mesozoico, es decir, mientras los dinosaurios vivieron. Eso no quiere decir que ya en el Pérmico los antepasados de los actuales mamíferos tuvieran sus caracteres distintivos, ni mucho menos. El pelo, la alimentación de las crías por medio de leche materna, el marsupio o la placenta, las extremidades extendidas —verticales, con las rodillas hacia delante y los codos hacia atrás— que mantienen el tronco bien separado del

suelo, la temperatura corporal constante y las muelas complejas — con varias cúspides— aparecieron en la Era Secundaria (Mesozoico). Por cierto, los mamíferos no son los únicos vertebrados *endotermos*, es decir, que mantienen la temperatura del cuerpo constante. También las aves son de «sangre caliente». Tradicionalmente se consideraba que los pájaros formaban una clase aparte, pero se ha visto que están emparentados con ciertos dinosaurios, lo que los convierte también a ellos en dinosaurios. Dicho de otro modo: un pequeño gorrión está más relacionado evolutivamente —más cercano en el árbol genealógico de especies, más emparentado— con un enorme tiranosaurio de lo que este gran depredador lo está con un pterosaurio, un plesiosaurio, un ictiosaurio, un cocodrilo, un lagarto, una serpiente o una tortuga. El parentesco evolutivo —o *filogenético*— puede imaginarse de esta manera: cuanto mayor es, menos camino hay que recorrer en el árbol genealógico para conectar dos especies (primero hay que «bajar» desde una de ellas hasta el antepasado común, que es una horquilla del árbol, y luego «subir» hasta la otra especie por la rama correspondiente de la genealogía).

Todo parece indicar que hubo otros dinosaurios endotermos y hasta con plumas, como el propio tiranosaurio.

El mundo cambió un buen —o mal— día hace 65 millones de años. Todas las pruebas sobre la extinción de los dinosaurios y otros grandes reptiles apuntan a una catástrofe súbita que cambió drásticamente el ambiente y revolucionó la biosfera. El impacto de

un gran meteorito de más de diez kilómetros podría hacerlo, y al parecer lo hizo.

Tuvo que ser increíble: olas como nunca hemos vuelto a ver barrieron las costas (porque el impacto se ha localizado en el golfo de México), hubo incendios por todas partes, se hizo la noche, cesó toda actividad vegetal y sobrevino un gran frío. El resultado es que ningún animal terrestre de cierto tamaño sobrevivió. En el mar también desaparecieron muchas especies, tanto de invertebrados como de reptiles, y no quedó un solo ammonites, esos cefalópodos de concha enrollada —y a veces profusamente ornamentada— tan característicos de las rocas antiguas que son el emblema universal de la paleontología y, junto con el martillo, forman la insignia de facultades y centros de geología. Cuando pasó todo —los cambios físicos en el medio— volvieron las plantas a germinar a partir de las esporas o semillas y los pequeños lagartos, cocodrilos, tortugas, aves o mamíferos que habían sobrevivido se encontraron un nuevo mundo sin moverse de su sitio.

Con el tiempo, en la siguiente era, llamada Cenozoico —y que es la suma de las antiguas eras Terciaria y Cuaternaria—, aparecerían nuevos animales gigantescos a partir de los terciados sobrevivientes a la hecatombe. De hecho, la ballena azul es el mayor de todos los animales que han existido en la historia del planeta.

La teoría de la extinción en masa producida por el choque de un meteorito siempre ha tenido una rival: una actividad volcánica de escala inusitada, capaz de emitir tal cantidad de gases que lleven la noche y el invierno al planeta por un largo tiempo, el suficiente para

colapsar los principales ecosistemas terrestres y marinos. Entre los candidatos para esas mega-erupciones se encuentran los antiguos volcanes de la región del Decán en la India, que sin duda fueron espectaculares y además cercanos en el tiempo al momento de la extinción en masa. Falta todavía por precisar exactamente su cronología para poder saber si fueron la causa principal de la catástrofe o, por lo menos, ayudaron a que se produjera, o si, por el contrario, entraron en funcionamiento algo después, cuando ya había tenido lugar.

Pero la gran catástrofe de finales del Mesozoico no fue ciertamente la primera de la historia de la vida, sino la quinta extinción masiva que conocemos. La mayor de todas es muy anterior y se produjo en el límite entre el Paleozoico y el Mesozoico, hace unos 245 millones de años. Casi todas las especies marinas desaparecieron en aquella ocasión. Algunos grandes grupos de invertebrados marinos —de larga y gloriosa estirpe— dejaron de existir para siempre, como los trilobites y los «escorpiones de agua» o euriptéridos.

Las grandes extinciones en masa, que afectan a muchos grupos de organismos, seguramente se deben a cambios físicos en el ambiente y no a competencia biológica. Esos trastornos ambientales han podido ser variados, algunos de origen terrestre, como modificaciones del clima, y otros extraterrestres, como en el caso del meteorito que puso fin a todos los dinosaurios... que no eran aves.

Pero lo interesante es que después del cataclismo —sorprendentemente— la biosfera siempre se recupera, sin que se altere drásticamente la temperatura superficial, la salinidad y acidez

de los mares, la composición de la atmósfera y otros parámetros físico-químicos que caracterizan al planeta. La hipótesis Gaia se refiere precisamente a esa estabilidad de un sistema tan alejado del equilibrio, y que gracias a la Vida es capaz de recobrar la «normalidad» (tan «anormal») después de una gran perturbación. Es como si el sistema Tierra tuviera un mecanismo de autorregulación parecido al de los organismos, llamado en fisiología *homeostasis*, para mantener sus constantes vitales dentro de unos márgenes.

Esta analogía, sin embargo, no es perfecta. Por poner un ejemplo, los mamíferos mantenemos la temperatura constante dentro de unos límites muy estrechos, y en realidad la temperatura del planeta ha sufrido variaciones. Por eso Lynn Margulis prefiere el término *homeorresis* aplicado a Gaia, lo que quiere decir que hay un mecanismo de retroalimentación que mantiene la estabilidad del sistema Tierra en torno a determinados valores ambientales —impidiendo oscilaciones bruscas—, parámetros que sin embargo pueden ir moviéndose a lo largo del inmenso tiempo geológico describiendo trayectorias. Así, el concepto de homeorresis —aunque la palabreja, lo admitimos, suena a enfermedad venérea— sería más adecuado que el de homeostasis para un sistema dinámico como Gaia, en el que los ajustes de regulación no se producen alrededor de un punto fijo, sino en torno a uno cambiante.

Saltos en el aire

El último hueso del cuerpo humano en descubrirse fue el estribo, un osículo del oído medio que encontró Pedro Ximeno. Este señor

era un médico español de la época de Carlos I, discípulo del famoso anatomista flamenco Andreas Vesalio (1514-1564), que había descrito los otros dos huesecillos del oído medio: el martillo y el yunque.

En la gloriosa eclosión del pensamiento que fue el Renacimiento se termina prácticamente de conocer el cuerpo humano, aunque aún quedaban varias tareas pendientes: la fisiología (cómo funciona), la histología (que viene a ser la «anatomía» de los tejidos), la genética (cómo se transmiten los caracteres de padres a hijos) y sobre todo la evolución, que en este caso concreto daría lugar a la siguiente pregunta: ¿cómo llegaron los tres huesecillos del oído medio a alinearse para transmitir el sonido desde el tímpano hasta el oído interno? La medicina los estudia porque están, y la biología evolutiva estudia por qué están, y lo hace a través de la anatomía comparada, de la embriología y de la paleontología. Lo curioso es que en los vertebrados agnatos (sin mandíbula) ancestrales, esos tres huesecillos formaban parte de dos arcos branquiales (sí, los huesos que separan las branquias). El primer arco branquial, llamado arco mandibular, terminó dando origen a los huesos del maxilar, paladar y mandíbula de los vertebrados posteriores. En los reptiles directamente antepasados de los mamíferos (los primeros de ellos aparecieron en el Pérmico) la mandíbula tenía varios huesos, y uno de ellos, llamado hueso articular, era el que, como su nombre indica, articulaba con la base del cráneo, donde se encontraba otro

hueso derivado del arco mandibular, denominado hueso cuadrado.

Pues bien, en los mamíferos la mandíbula solo tiene un hueso, llamado dentario, que ahora articula con un hueso distinto del cráneo, el hueso escamoso (que a su vez es una parte de nuestro hueso temporal).

¿Qué fue de los huesos articular y cuadrado, que relacionaban la mandíbula con la base del cráneo en los antepasados de los mamíferos? ¿Se los tragó la evolución? No. El hueso articular de la mandíbula, liberado de su tarea original, se ha convertido en nuestro martillo, y el cuadrado en nuestro yunque. Respecto del estribo —que describiera Pedro Ximeno—, ya estaba en el oído de los reptiles, donde se llama columela y procede del arco branquial que se situaba por detrás del arco mandibular. Este arco pos mandibular se llama arco hioideo, y además de producir un hueso en el oído —el estribo—, contribuye al hueso hioides (en la laringe), lo que es más lógico por su posición original detrás del arco que daría lugar a los huesos de la boca.

Una de las grandes preguntas de la evolución es cómo pudo pasarse de un tipo de articulación a otro, ya que no es imaginable una modalidad intermedia. La respuesta la ha dado la paleontología, porque han aparecido formas del Triásico superior evolutivamente muy avanzadas y próximas ya a los mamíferos que tenían los dos tipos de articulación, el reptiliano y el de los mamíferos. Más tarde solo quedó una, y la antigua sigue haciendo su trabajo... pero en el oído medio.

Y es que la evolución nunca da saltos en el aire, simplemente no puede. Se limita a modificar los materiales de que dispone por herencia. Se ha dicho que hace bricolaje, que es chapucera. Se puede expresar así, ¡pero con qué talento!

Capítulo 9

¿Por qué no vuelan los elefantes y se suben a los árboles las ballenas?

Antes del impacto del meteorito, los pequeños mamíferos placentados estaban muy diversificados. Entre ellos se encontraban ya los primates o sus antepasados directos. Después de la gran extinción que acabó con los dinosaurios, los monos siguieron evolucionando. También lo hicieron, por supuesto, los demás grupos de mamíferos, así como el resto de los seres vivos. Con esto nos adelantamos a una pregunta que se nos dirige muy a menudo: ¿por qué los demás organismos no han evolucionado y solo lo hemos hecho *nosotros*?

A lo largo del Cenozoico, esto es, desde hace 65 millones de años, la Tierra ha asistido a la aparición de mamíferos sorprendentes y muy especializados —es decir, muy evolucionados—, algunos de ellos voladores —los *quirópteros* o murciélagos— y otros perfectamente adaptados para la vida marina, como la antes citada ballena azul. Hay en la biosfera actual grandes corredores, pesados animales terrestres y fieros depredadores. Los primates, por su parte, se han adaptado sobre todo a la vida en los árboles de los bosques tropicales. ¿Podría «sorprenderse» un murciélago —si pensara, claro— de que los demás mamíferos no vuelen? ¿Podría preguntarse por qué no han evolucionado? ¿Podría una ballena extrañarse de que los demás mamíferos no se alimenten de camarones? ¿O un mono de que las ballenas no se suban a los árboles a comer frutas?

La respuesta es que los elefantes no vuelan porque están adaptados a otro nicho ecológico, no porque estén menos evolucionados que los murciélagos. Todos los organismos se tienen que adaptar permanentemente a un mundo en cambio constante. La esencia de biosfera es cambiar todo el tiempo... para permanecer siempre. El filósofo griego Heráclito de Éfeso decía aquello de «no te puedes bañar dos veces en el mismo río», y tampoco la biosfera se queda quieta. Eso nos lleva a una definición muy cruel del éxito evolutivo: consiste, simplemente, en prevalecer.

Esta aclaración nos parece muy importante para que se entienda bien lo que queremos contar, lo que se esconde en el fondo del libro, su auténtica sustancia; a saber, que no hemos evolucionado —los humanos y nuestros antepasados en línea directa desde la primera forma de vida— al margen del ambiente, como si los ecosistemas en los que hemos vivido fueran simples decorados delante de los cuales actuaban los verdaderos protagonistas de la historia: los que iban a producir, finalmente, al ser humano. Es habitual pensar que, como en las películas, ha habido actores principales y actores secundarios en el reparto.

Pero la Historia de la Vida no es una película, ni está basada en un guión original, ni tampoco en un guion adaptado de una novela. Al contrario, los humanos pertenecemos a la biosfera, como las demás especies, y nuestras respectivas genealogías se van uniendo entre sí —y con las ramas muertas del árbol de la vida— hasta el origen común.

Y no solo estamos unidos genealógicamente a las demás especies vivientes, sino que con ellas formamos la urdimbre de la Vida en el planeta. Un error muy extendido es el de pensar que las especies una a una, por separado, se adaptan al medio, considerado solo como lo que hay de inanimado a su alrededor, como si este fuera algo ajeno por completo a ellas.

Por el contrario —y esto es muy importante—, como muy bien sabía Darwin, unas especies son el ambiente de otras, por lo que no se puede entender la función que ocupa en el ecosistema ninguna de ellas sin atender al conjunto, a la comunidad, a lo que se llama la biota.

Pongamos un ejemplo. Los primates son habitantes de los bosques tropicales, como se ha dicho, aunque hay algunas excepciones, sobre todo la nuestra. Muchos primates —entre los que se cuentan los parientes más cercanos de nuestra especie, los grandes simios— son exclusivamente vegetarianos. Otros son omnívoros, pero todos dependen directa o indirectamente de plantas con flores, es decir, de las angiospermas. Si estas no hubieran aparecido y se hubieran diversificado en el Mesozoico hasta hacerse dominantes, seguramente no habría aparecido nada semejante a los monos en el Cenozoico, ni los humanos tampoco, porque ¿qué frutos maduros —si no eran los de las angiospermas— iban a comer nuestros antepasados?

Física, química y biología

Una de las cuestiones claves de la evolución es la adaptación. Eso es precisamente lo que intentaba aclarar Darwin, el hecho —imposible de explicar en su tiempo— de que las especies estén maravillosamente adaptadas a su modo de vida. La adaptación es, por lo tanto, algo muy particular, muy concreta y diferente en cada caso. A Darwin le gustaba el ejemplo del pájaro carpintero, pero también el de las semillas provistas de ganchos para fijarse al pelo de los mamíferos y ser así dispersadas por ellos. Otras, en cambio, tienen estructuras que les permiten volar lejos. Las adaptaciones se refieren, pues, a todas las partes del organismo y, en el caso de los animales, también al comportamiento, y a todas las edades. La clave es la selección natural, que actúa a lo largo de la vida. Para los pollos o los cachorros los principales competidores por el alimento y los cuidados son sus hermanos.

Se suele decir que los organismos se adaptan a su ambiente, a su medio, y esta es una afirmación que se tiene que precisar. Obviamente, para volar o nadar rápido, o para digerir el alimento o mantener la temperatura constante, hay que cumplir unas ciertas exigencias que imponen la física y la química. Pero la biología no se puede simplemente reducir a la física y a la química porque, como bien decía Darwin, el medio no solo es el componente físico-químico, topográfico y geológico del ecosistema. Ni mucho menos: los otros organismos de la comunidad (la biota) también forman parte del ambiente (pensemos en los parásitos como caso extremo). Los animales

sociales, como algunos mamíferos y entre ellos muchos primates, tienen que adaptarse a la vida en sociedad.

Así que las especies no están adaptadas a una selva, a una sabana, a una tundra y mucho menos al agua o al aire. Lo están a sus respectivos nichos ecológicos, o dicho en términos más clásicos, al lugar que cada una de ellas ocupa en la economía de la naturaleza. En nuestro caso, un ser humano está bien adaptado... a ser humano.

Capítulo 10

El suelo se mueve bajo los pies

Todo el mundo sabe que el sabio naturalista inglés Charles R. Darwin fue el gran defensor de la teoría de la evolución. Es menos conocido que a la misma conclusión llegó, por su propio camino, otro naturalista inglés, llamado Alfred Russel Wallace. Sus ideas se hicieron públicas —conjuntamente— en Londres en el año 1858, y el año siguiente Darwin publicaría *El origen de las especies*.

Pero Wallace es sobre todo famoso por su trascendental contribución a una rama muy importante de la biología, la que trata de la distribución de las especies en el planeta y que se llama biogeografía. Podemos crear regiones biogeográficas —grandes y pequeñas— basándonos en las especies que las habitan. En sus viajes de naturalista por Indonesia, Wallace encontró que había un gran cambio entre la fauna del sudeste asiático y de algunas de las islas —como Borneo, Sumatra y Java—, por un lado, y Australia y Nueva Guinea, por otro. Esa frontera, más o menos borrosa, se conoce hoy como línea de Wallace.

Como siempre, hace falta una pregunta para que se busque una explicación. En biogeografía la pregunta es: ¿por qué las especies se encuentran repartidas por el mundo —tierras y mares— y no están presentes en todas partes? Cabría pensar que es porque los climas varían con la latitud. Pero como Darwin observara en Sudamérica, en climas similares —es decir, en las mismas franjas horizontales en las que puede dividirse el planeta partiendo del Ecuador hacia el

Polo Norte y hacia el Polo Sur— viven especies muy diferentes, y más aún, las especies que viven en cada región se parecen a las especies extinguidas que aparecen en los yacimientos correspondientes, y no a los fósiles de las otras partes del planeta, aunque estén a la misma latitud. Por lo tanto, además de los climas, también cuenta la historia biológica de cada parte del mundo, su pasado, lo que ha pasado.

Podríamos entonces pensar que los grupos biológicos tienen centros de origen, que es allí donde aparecen las grandes novedades evolutivas y se diversifican —su patria— y que luego las especies de un tipo se dispersan y mezclan con las de otro tipo en territorios intermedios. Pero no todo en biogeografía puede explicarse por medio de los centros de origen y de las dispersiones de faunas o floras (las plantas no andan, pero también se propagan por semillas y esporas). A veces es el propio territorio el que se desplaza y viaja. O dicho de otro modo, los continentes y las cuencas marinas no han sido siempre los mismos, ni han ocupado el mismo sitio. La idea de la deriva continental, por peregrina que parezca, es cierta, y constituye la última de las grandes revoluciones científicas, que es la llamada *tectónica de placas*. Todavía no se consideraba probada cuando los autores estudiamos geología. Casi siempre nos cuesta trabajo creer lo que nuestros sentidos no pueden ver: que la Tierra se mueve, que los continentes «viajan». Ahora nadie duda de que la litosfera está dividida en placas que se separan y chocan entre sí. En la gran dorsal atlántica se está formando litosfera marina, surgiendo desde el manto, y por eso Europa y Norteamérica se

separan, como también lo hacen Sudamérica y África. Sin embargo, la litosfera marina se sumerge —*subduce* es como se dice— por debajo de las costas del Pacífico sudamericano y por eso se producen seísmos tan violentos en Chile.

En el Paleozoico había dos super continentes, llamados Laureáis — con Norteamérica, Groenlandia y Eurasia—, al norte, y Gondwana, al sur. Luego se juntaron en una única masa de tierra emergida llamada Panguaea y, más tarde, en el Mesozoico, se volvieron a separar. Las colisiones posteriores entre placas produjeron enormes cadenas montañosas, como las del Himalaya, Alpes y Pirineos. Ahora mismo, la corteza se está abriendo en la gran falla africana del Rif Valley —el valle de la grieta—, que se continúa por el mar Rojo y llega hasta el Jordán. De hecho, en el mar Rojo y en el golfo de Adén se están formando jóvenes cuencas oceánicas, lo que quiere decir que en el futuro África oriental podría desgajarse del resto del continente.

Esos movimientos de la litosfera hacen que la Tierra sea —también en sentido geológico— un planeta vivo, no como la Luna, donde nada cambia de lugar y los cráteres de meteoritos antiquísimos permanecen inalterados y quietos, como fósiles. En la Luna no hay tectónica de placas.

Los helechos del capitán Scott

La historia del capitán Robert Falcon Scott (1868-1912) —de su fracaso al no ser el primero en llegar al Polo Sur, y de su trágica muerte— es inolvidable.

Pocos saben, sin embargo, que entre los materiales que se encontraron junto con su cuerpo helado se contaban rocas con fósiles, y que esas muestras obtenidas con tanto sacrificio —a la vuelta y en la derrota— son la prueba irrefutable de una teoría increíble: los continentes se mueven —cosa que el propio Scott desconocía— y la Antártida fue otrora una tierra mucho más cálida donde crecían árboles y vivían los reptiles antepasados de los mamíferos. Pero empecemos por lo que sabemos hoy.

La corteza forma la cáscara de la Tierra, y es de dos clases: corteza continental y corteza oceánica, la segunda más densa pero también más delgada que la primera. Debajo de la corteza hay dos grandes «envolturas», dos geosferas: el manto, por fuera, y el núcleo, en el interior. Pero el manto superior es rígido y forma —junto con la corteza— la litosfera. Esta no es una esfera continua, sino que está dividida en placas tectónicas. En las cuencas oceánicas las rocas más jóvenes se encuentran en el centro, formando bandas paralelas a los dos lados de unas elevaciones llamadas dorsales oceánicas, y eso se debe a que la nueva corteza se está formando allí a partir del manto, que asciende por la grieta. De este modo, la cuenca se expande. Cuando una placa oceánica choca con una continental, la primera —al ser más pesada— se introduce por debajo de la segunda. También pueden chocar dos placas continentales entre sí. En estas colisiones se levantan cadenas montañosas a partir de los sedimentos marinos que se habían acumulado en las plataformas. Otras veces chocan dos placas oceánicas y una de

ellas se mete por debajo de la otra, formándose profundas fosas en el fondo marino. Todos estos movimientos hacen que los continentes se junten y se separen. A finales del Carbonífero (penúltimo periodo del Paleozoico) se reunieron todos —o casi todos— en una gran masa llamada Pangea. De esto hace unos 300 millones de años. Pero antes del Cámbrico (primer periodo del Paleozoico), en esa larguísima época oscura apenas sin fósiles, hubo otras pangeas.

Un geólogo austriaco, aunque nacido en Londres, llamado Eduarda Sus (1831-1914), observó que había unas plantas fósiles del Pérmico (último periodo del Paleozoico) que eran comunes a Sudamérica, África e India, y postuló la existencia de un antiguo super continente austral llamado Gondwana.

La prueba de tal continuidad geográfica era el arbolillo Glossopteris, perteneciente a un tipo extinguido de plantas llamadas tradicionalmente «helechos con semillas» (aunque de forma incorrecta, porque los helechos se reproducen por esporas). Como Suess no imaginaba que los continentes se movieran, supuso que las tierras intermedias entre los actuales restos de Gondwana habían sido invadidas por el mar. Por cierto, Suess fue el inventor del término «biosfera», que más tarde volvería a poner en circulación, con más éxito, Vernadski.

Ahora interviene en el relato una paleobotánica escocesa —activa feminista y defensora del control de la natalidad y de la eugenesia—, llamada Marie Stopes (1880-1958). Esta paleontóloga era seguidora de Suess y quería comprobar si la

Antártida también había formado parte de Gondwana. Por eso le pidió al capitán Scott —aprovechando una conferencia que el explorador daba en Manchester para recaudar fondos para su expedición— que le dejara acompañarlo. Scott no la aceptó en su equipo, pero prometió traerle fósiles y rocas para comprobar la veracidad de la hipótesis del super continente Gondwana.

*En los años veinte del siglo pasado se empezó a discutir en todo el mundo científico la teoría movilista de los continentes, que había propuesto en 1912 el alemán Alfred Wegener (1880-1930), quien, por cierto, también murió trágicamente en los hielos de Groenlandia. Los investigadores entonces miraron entre las piedras que el capitán Scott había acarreado... y encontraron fósiles de *Glossopteris*. Scott había cumplido su palabra.*

Todo esto es demasiado trágico y vamos a terminar con una anécdota que nos refirió don Mauricio González-Gordon. Hay unas fotos impresionantes de los expedicionarios sentados a la mesa con el capitán Scott al fondo. Están en una cabaña en la Antártida y van a intentar llegar al Polo Sur, pero nosotros sabemos que cinco no volverán. Sobre la mesa se ven —abiertas— unas botellas de jerez proporcionadas por la casa González Byass, que era suministradora oficial de la expedición.

Pertrechados con estos conceptos podemos entender por qué en Australia y Nueva Guinea no hay mamíferos placentados, ni vivos —salvo los murciélagos, y las ratas y ratones de Nueva Guinea que llegaron por mar—, ni fósiles: porque estas islas se separaron y

quedaron aisladas antes de que aparecieran, donde fuera, los mamíferos con placenta y se dispersasen por todas las tierras emergidas. Sin embargo, ya existían los mamíferos que ponen huevos y también los marsupiales, y no solo en Australia y Nueva Guinea, sino en el resto de los continentes, donde han aparecido sus fósiles. En América todavía quedan marsupiales vivos: la zarigüeya lo es.

La conclusión de todo lo anterior es que también los movimientos de la litosfera deben ser invocados si queremos entender —a través de la historia— por qué la biosfera es como es y no de otra manera. Es muy importante recordar que todo está entrelazado, ya lo hemos dicho.

Los primeros fósiles que se conocen de primates —o de parientes cercanos— se han encontrado en Norteamérica, todavía en el Mesozoico final, pero luego ha habido primates en todas partes, excepto en Australia y Nueva Guinea. Tampoco llegaron a la Antártida y Nueva Zelanda y las otras islas del Pacífico. Donde han vivido los monos, con pocas excepciones, se puede interpretar que el clima era cálido y los ecosistemas predominantes eran los bosques. A los primates no les gustan, en general, los paisajes abiertos, ni las estaciones, porque se han adaptado a vivir en los árboles y necesitan recursos alimenticios todo el año. No pueden sobrevivir si no hay comida para ellos durante mucho tiempo.

Dentro de los primates hay cierta diversidad, porque algunos tienen una nariz «húmeda» —un verdadero morro— con el labio superior dividido y fijado a la encía por un repliegue, y además una capa

especial de la retina que mejora la visión nocturna (y hace que los ojos brillen en la noche si se les dirige un haz de luz). Como estas tres características se encuentran en otros muchos mamíferos — fíjese en un gato o perro casero—, hemos de concluir que son primitivas y que las tenían los primeros monos. Pero la mayoría de los primates han perdido esa visión nocturna mejorada, la nariz es «seca», es decir, que está cubierta por la misma piel que el resto de la cara, y el labio superior es continuo y se mueve libremente.

Los primeros primates mencionados, los de nariz primitiva, viven discretamente en África y Asia, y esplendorosamente en Madagascar; allí son los únicos que hay y están muy diversificados (y lo estuvieron más aún, con formas gigantes y todo, antes del exterminio que supuso la llegada del hombre a la isla). Los segundos primates son los más abundantes en África y Asia, habitando asimismo en América del Sur y Central. Cómo llegaron unos y otros hasta Madagascar y América del Sur, todavía es un misterio, porque ambas tierras eran ya grandes y remotas islas cuando las poblaron los primates.

Dentro de los monos del Viejo Mundo hay dos divisiones principales: los que se mueven a cuatro patas sobre las ramas de los árboles y los que se cuelgan de las ramas, primero por un brazo y luego por el otro, girando alrededor de la muñeca para rotar el cuerpo y cambiar de mano (pruebe a hacerlo, nosotros también podemos). Estos últimos son los grandes monos, o simios, o monos antropomorfos. En zoología se llaman *hominoideos*. Nosotros, aunque seamos bípedos, pertenecemos a este grupo. Y dentro de los simios —porque

somos simios— nos reunimos con las dos especies de chimpancés, con los que tenemos un antepasado común —una horquilla del árbol genealógico— que vivió en África hace seis o siete millones de años. La rama de los gorilas se separó —en una horquilla algo más baja— poco antes.

Los hominoideos son los mamíferos más *encefalizados* de los continentes, es decir, los que tienen más cerebro cuando se los compara con otros mamíferos de su mismo tamaño. En el mar ese puesto lo ocupan los delfines, que también son muy inteligentes. Pero la inteligencia no es garantía de éxito evolutivo, porque los hominoideos, como grupo zoológico, no están en expansión, sino en decadencia. No es que haya habido cada vez más simios, sino lo contrario. Eran muchos más hace —pongamos— diez millones de años. Nosotros —los humanos— somos la excepción a esa regla. Sumamos más de 7.500 millones de individuos viviendo en casi todo el planeta, aunque de una sola especie, el *Homo Sapiens*.

Capítulo 11

Unos machos muy peleones

En los lugares de África donde se encuentran los fósiles más antiguos de nuestros antepasados, como Etiopía, Kenia, Tanzania o Chad, el paisaje actual es árido y la vegetación de sabana muy abierta —con pocas acacias dispersas— o incluso más seca. Los fósiles se descubren en superficie —sin excavar—, porque el suelo está desnudo y la cubierta vegetal es rala o apenas existe. ¿Fue en ese medio donde aparecimos los *homininos*? ¿Tan diferente ha sido —desde el principio— nuestra vida de la de los chimpancés? Examinando el resto de las pistas que da la paleontología, se observa que nuestros primeros antepasados vivían en realidad en comunidades forestales, como no podía ser de otro modo. A fin de cuentas, nosotros también somos monos. Pero luego el clima cambió en esos lugares, y empezó a llover cada vez menos y de forma más estacional y menos continua —aunque siguieron siendo tierras cálidas—, así que los bosques desaparecieron. ¿Fue ese un fenómeno puramente local, africano? ¿O el clima cambió en todo el mundo? Las dos respuestas son compatibles, y lo cierto es que el ancho cinturón de bosque tropical en el que vivían los simios —por ejemplo, cerca de Barcelona se han encontrado fósiles espléndidos— se ha ido estrechando con el tiempo. Y ya no va, en África, de costa a costa —del Atlántico al Índico—, porque desaparece mucho antes de llegar a las costas orientales.

Los primeros homínidos bien conocidos son los australopitecos. Sus restos se han encontrado en los países africanos mencionados arriba y también en Sudáfrica, luego su distribución geográfica debió de ser bastante amplia. Desde luego, vivían en bosques y no en sabanas ni praderas.

¿Competirían entonces con los antepasados de los chimpancés? ¿Se han encontrado mezclados los restos fósiles de unos y de otros?

Los australopitecos tenían unas muelas bastante más grandes que las de los chimpancés, y con el esmalte más grueso, de donde puede deducirse que trituraban más y que —en ocasiones al menos— el alimento era más duro. Así parece ser, en efecto. Los australopitecos comían frutos maduros y partes tiernas de los vegetales —tallos verdes, brotes, hojas jóvenes—, como los chimpancés hacen hoy. Lo sabemos por las marcas que estos alimentos dejaron en las caras laterales de las muelas y también por estudios de las proporciones de cierto *isótopo* del carbono —una de sus variantes estables— en el esmalte. Pero también estamos seguros de que consumían alimentos que los chimpancés nunca aprovechan porque no se dan en los bosques lluviosos donde moran. Hemos de deducir por lo tanto que los australopitecos vivían en un mosaico ecológico donde se entremezclaban las selvas húmedas y los bosques más secos y abiertos. El paso de la pluvisilva a la sabana no es una línea neta, y los australopitecos se movían entre ambos tipos de hábitat. Su dieta era más amplia que la de los chimpancés, y también que la de los homínidos anteriores. Los australopitecos eran pequeños —como los chimpancés— y

bípedos. Los más antiguos que se han encontrado rebasan por poco los cuatro millones de años. Un dato interesante para imaginar cómo vivían los australopitecos nos lo dan las diferencias de tamaño entre los dos sexos, porque se aprecia una gran variación en los huesos que se encuentran en los yacimientos y eso ha dado pie a que la mayoría de los investigadores piensen que los machos eran bastante más grandes que las hembras, una diferencia sexual de corpulencia similar a la que se da en los gorilas y en los papiones — o babuinos—, y mayor que la que se da en los chimpancés o en nuestra especie.

Los dos modelos de sociedad que se sugieren para los australopitecos serían precisamente esos: el de los gorilas, que forman grupos con varias hembras y un solo macho adulto —que es el único que se reproduce con ellas—, y el de los papiones, con muchos machos y muchas hembras en los grupos, pero con una jerarquía muy marcada en la línea de los machos y frecuentes agresiones para mantenerla o cambiarla. La escala jerárquica es una cosa muy seria en los primates sociales, porque no es lo mismo, ni mucho menos, estar arriba que estar abajo. Se pasa muy mal siendo el último de la fila —más molestias, peor alimentación— y las oportunidades de reproducirse son menores. Por eso los machos invierten un plus de energía en hacerse más grandes que las hembras y tardan más tiempo que ellas en completar el desarrollo y empezar a reproducirse.

Se esperaría que los australopitecos machos tuvieran caninos grandes, y mucho mayores que los de las hembras, como ocurre en

los chimpancés, gorilas y orangutanes, pero no es así. En ambos sexos son pequeños, al igual que en la especie humana actual, y desde Darwin se busca una explicación. El sabio inglés decía que no necesitaban los caninos porque se atacaban y defendían usando armas (palos y piedras).

Si queremos imaginarnos a un grupo de australopitecos tenemos que pensar en alguna especie que conozcamos. Nosotros preferimos a los papiones, que tienen más plasticidad ecológica que los gorilas. Eso quiere decir que lo mismo viven en un bosque cerrado —como el de los chimpancés— que en una sabana, siempre y cuando tengan algún árbol cerca al que subirse en caso de peligro o para descansar a salvo en la mitad del día —mientras el sol cae a plomo— o por la noche, cuando merodean protegidos por la oscuridad el león y la hiena. Los papiones se mueven en grupos, como lo harían los australopitecos, y comen de todo. Los podemos ver manejando, con sus pequeñas y diestras manos, granos y semillas a la sombra de una acacia. De cuando en cuando dos machos se amenazan, se enseñan los caninos, y finalmente uno huye y el otro lo persigue hasta que se aleja. Los australopitecos pesaban entre 30 y 50 kilos, casi el doble que los papiones, eran bípedos y además su cerebro era bastante más grande, así que su complejidad social sería mayor. De los chimpancés se ha dicho que son «maquiavélicos», es decir, que dedican gran parte de sus recursos mentales al comportamiento social, y los australopitecos eran tan listos como los chimpancés, sino más inteligentes.

Por decirlo todo, hay un investigador que sostiene que las diferencias de tamaño que se encuentran en los huesos de los australopitecos no se deben al dimorfismo sexual y que los australopitecos —y sus antepasados aún más antiguos— no eran apenas dimórficos porque los machos no luchaban entre ellos por las hembras o por el estatus social. Según él, los primeros homínidos eran monógamos y los machos transportaban el alimento en sus brazos, ya que eran bípedos, para alimentar cada uno a su hembra y a sus propios hijos. Esta hipótesis de la fidelidad ancestral, que explicaría el que nuestros antepasados se pusieran de pie, no nos convence a los autores.

Capítulo 12

La tierra tirita

Hace 2,6 millones de años empieza el Pleistoceno, una *época* del Cenozoico que se caracteriza por el cambio climático. A lo largo del Pleistoceno se suceden las glaciaciones, que son grandes avances de los hielos. Como la mayor parte de las masas continentales están en el hemisferio norte, resulta el más afectado. Entre cada dos glaciaciones hay una tregua menos fría —que no cálida—, llamada interglacial. Pero en todo caso, la tendencia general del Pleistoceno es hacia un planeta cada vez más frío y más seco. Para que se entienda: en este momento en el que vivimos, año 2019, y pese a lo alarmados que estamos por la subida de la temperatura de la superficie del planeta en los últimos cien años, hace bastante más frío en la península Ibérica —o en Alemania— que en la época en la que vivían los australopitecos, y no digamos sus antepasados, los primerísimos —y todavía poco conocidos— homínidos, hace seis millones de años. Pero no debe este comentario llevarnos a despreciar el reciente calentamiento del planeta, porque ahora estamos los humanos aquí y mucha gente puede sufrir, como veremos al final.

A lo largo del Pleistoceno las oscilaciones de temperatura se van haciendo cada vez más exageradas. Especialmente las glaciaciones del último millón de años, que fueron terribles. Y para entonces ya había homínidos en Europa y Asia, que tuvieron que soportarlas —qué remedio— y adaptarse a los cambios.

¿Pero, por qué razón hay épocas glaciales en la historia de la Tierra y otras que no lo son? Los dinosaurios, por ejemplo, no conocieron glaciaciones como las que padecieron los neandertales o los cromañones (nuestros antepasados venidos de África) que al llegar a Europa se encontraron con la glaciación, que todavía habría de ser más terrible algunos miles de años después.

Un factor importante para que se desencadene una glaciación que afecte a todo el planeta es, sin duda, la disposición de las masas continentales. La de los últimos millones de años es favorable porque hay mucha tierra emergida cerca del Polo Norte y los continentes reaccionan más a los cambios de temperatura que los mares. Así que toda esa superficie tan próxima a uno de los polos parece que está invitando a que se formen casquetes de hielo encima de ella.

Otro factor fundamental, sin duda, es la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (un gas con un potente efecto invernadero como sabe ya todo el mundo), que ha sido muy baja en el Pleistoceno comparada con épocas anteriores (y además desciende durante las glaciaciones). La gran pregunta es qué determina que suba o baje el CO₂ en la atmósfera. Ahora nosotros los humanos somos la causa del aumento de este gas en la atmósfera con nuestras actividades, ¿pero qué hace que descienda? Nos vendría muy bien saberlo en la situación actual.

Sabemos que cuando se alzan grandes cadenas montañosas disminuye el CO₂ en la atmósfera porque el gas interviene en la meteorización de algunos minerales. Al aumentar el relieve con las

orogenias, se incrementa la destrucción mecánica de las rocas —a favor de la gravedad— y con ella la alteración química, ya que todo el tiempo hay superficies frescas —nuevas— para atacar. Así, el levantamiento de la inmensa meseta tibetana, un acontecimiento geológico asombroso de una magnitud muy poco frecuente en la historia de la Tierra, podría haber propiciado las glaciaciones pleistocenas que vinieron luego. Además, las barreras montañosas afectan a la circulación atmosférica, que es otro factor a considerar muy en serio.

Las corrientes oceánicas distribuyen el calor por el planeta, enfriando unas costas y calentando otras, y están afectadas por la posición de los continentes. Poco antes del comienzo del Pleistoceno emergió el istmo de Panamá, que conecta Norteamérica y Sudamérica, y este hecho pudo afectar al sistema de circulación marina.

Ha habido otras tremendas glaciaciones en la historia de la Tierra, algunas muy importantes como la larguísima del Carbonífero final y comienzos del Pérmico, de la que encontramos rastros en Sudamérica, África, Madagascar, India, Australia y la Antártida. Tales huellas del hielo, por otro lado, demuestran que esas masas de tierra estuvieron otrora unidas y cercanas a un polo, en este caso al sur. Entonces, por cierto, también la concentración de CO₂ era baja y se erigieron espectaculares mesetas. Algo parecido pudo haber ocurrido con otras glaciaciones muy importantes que se produjeron antes del Cámbrico, en el Proterozoico, y de las que encontramos rastros en todas las tierras que estaban entonces

emergidas. Algunas de ellas congeló por completo —o casi— el planeta, que se veía blanco desde el espacio.

No tenemos los humanos la capacidad de levantar grandes cadenas montañosas, de provocar una orogenia, así que el único remedio que tenemos para evitar que continúe el calentamiento global es reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero (sobre todo el CO₂ y el metano) y frenando la pérdida de las grandes masas forestales.

Pero volviendo a la evolución humana, hace unos dos millones y medio de años, los ecosistemas de una gran parte de África, en la que vivían los australopitecos a la sombra de los árboles, empezaron a cambiar y a parecerse cada vez más a los secarrales donde ahora se buscan sus huesos petrificados.

Las especies vegetales y animales se adaptan —evolucionando— a los nuevos climas. De hecho, Darwin pensaba que había evolución simplemente porque el ambiente cambiaba. Algunos australopitecos evolucionaron, y aumentaron el tamaño de sus muelas, el grosor de sus esmaltes dentales y la potencia de los músculos que mueven la mandíbula, subiéndola y rotándola, para triturar vegetales cada vez más consistentes y duros. La cara se hizo más ancha. Pero seguían teniendo el cuerpo pequeño y un cerebro poco mayor que el de los chimpancés. Estos descendientes modificados —para ser mejores trituradores— de los australopitecos se llaman *parántropos* y sobrevivieron un millón de años más.

Pero hubo otra línea evolutiva que nació de los australopitecos, y que no sigue la misma tendencia que los parántropos hacia el

aumento de la potencia masticadora. Sorprendentemente, ciertos homínidos, conservando su cuerpo pequeño, redujeron el tamaño de las muelas y de la cara, aumentando el del cerebro. ¿Qué clase de respuesta era esa a unos ambientes cada vez más abiertos y secos? ¿Por qué no se adaptaron, como los parántropos, a consumir formas nuevas de alimento vegetal, que no existen en las selvas? Este otro homínido tenía la capacidad de golpear piedras y obtener lascas de bordes cortantes. Con ellas podía cortar la carne, y con los cantos podía machacar los huesos para extraer el tuétano. Ese es el nuevo tipo de alimento que incorporaron a su espectro alimenticio, pero no era materia vegetal, sino animal.

El arranque de esa línea coincide más o menos con el comienzo del Pleistoceno y con las primeras piedras talladas que se conocen en los yacimientos del este de África. Los restos fósiles del nacimiento de este brote evolutivo son escasos —como suele ocurrir siempre en los inicios—, pero suponemos que aparecerán más. Aunque su aspecto general sigue siendo bastante parecido al de los australopitecos, ya incluimos a estos nuevos homínidos entre los nuestros y les damos el mismo nombre de género (aunque diferente especie): *Homo habilis*.

El ingenioso Milutin

En la historia de la ciencia a veces aparecen personas que tienen ideas geniales que iluminan un problema y abren el camino de su solución. Las oscilaciones del clima en el Pleistoceno parecían seguir alguna pauta cíclica pero nadie sabía cuál era. ¿Por qué se

alternan los periodos glaciales con los interglaciales? ¿Qué variaba entre unos y otros? La respuesta la encontró el ingeniero serbio Milutin Milancovic (1879-1958). O sería mejor decir que encontró la pregunta clave. Es curioso, pero en la ciencia puede ser tan importante formular la pregunta adecuada como dar con la respuesta.

Todo el mundo sabía que durante las glaciaciones del Pleistoceno gran parte de Europa y de Norteamérica estuvieron cubiertas por inmensos mantos de hielo, con grosores de hasta tres kilómetros o incluso más, como los casquetes que todavía existen en la Antártida y Groenlandia. El de la Antártida es mucho más viejo (tiene 35 millones de años, por lo menos) que los del hemisferio norte, que se empezaron a formar hace entre tres y dos millones y medio de años, alcanzando sus extensiones máximas durante las grandes glaciaciones del último millón de años que se produjeron al ritmo de una cada cien mil años, aproximadamente. Así pues, la pregunta que había que hacerse, pensó Milancovic, es esta: ¿qué pasaba en las altas latitudes, pongamos a la altura de Oslo (Noruega), Helsinki (Finlandia), San Petersburgo (Rusia) y Anchorage (Alaska, Estados Unidos), cuando se acumulaban tales espesores de hielo (aunque los frentes glaciares llegaban bastante más al sur)? ¿Y por qué se derretía luego, en el siguiente periodo interglacial?

El ingeniero Milutin investigó la cuestión y llegó a la conclusión de que las expansiones y contracciones de los mantos de hielo tenían que ver con la cantidad de sol que llegaba a esas tierras

del Gran Norte. La insolación varía a lo largo de los milenios en un lugar cualquiera porque la Tierra no mantiene constantes ni la inclinación del eje, ni la dirección del mismo, ni la excentricidad de su órbita.

Empecemos por la inclinación. Cuanto mayor es, menos radiación solar llega en los inviernos a las tierras cercanas al Polo Norte, lo que —a primera vista— parece favorecer la glaciación. Pero también llega más radiación en verano, que hace que desaparezca el hielo antes de que vuelva a nevar.

¡Lo que cuenta es el verano, no el invierno!, se dijo el bueno de Milutin, y ahí estuvo su genialidad. ¡Siempre nieva y se acumula la nieve en el invierno, lo que importa es que no se funda en verano! Así pues, Milancovic calculó las curvas de insolación a 65° N contemplando los tres factores astronómicos. Las glaciaciones coincidirán —especulaba Milutin— con aquellas épocas en las que el verano sea más frío, o sea, en las que el eje de la Tierra esté menos inclinado, la órbita sea más excéntrica (es decir, menos parecida a un círculo y más elíptica) y el verano coincida con el afelio, que es lo mismo que decir cuando la Tierra esté más alejada del Sol en verano (ahora se da el caso). Lo que determina esa sincronización del verano con el afelio —o lo contrario— es el movimiento de cabeceo o bamboleo del eje de la Tierra (llamado precesión), que se compara siempre con el de una peonza cuando pierde velocidad de giro.

Efectivamente, las curvas de Milancovic se ajustan muy bien a las glaciaciones pleistocenas, pero no cuentan por igual los tres

factores en todas las épocas. En el último millón de años manda en el clima global la excentricidad de la órbita, mientras que antes lo hizo la inclinación del eje (con periodos de 41.000 años), y hace más de dos millones y medio de años la precesión, con ciclos de 23.000 y 19.000 años (aunque entonces todavía no había verdaderas glaciaciones).

Capítulo 13

Los homínidos conocen mundo...

Los primeros restos de homínidos fuera del continente africano se han encontrado en un yacimiento de Georgia —al sur del Cáucaso— llamado Dmanisi. Los descubridores han creado con ellos la especie *Homo georgicus*, que tiene 1,8 millones de años. Los fósiles recuerdan —por su primitivismo— a los del *Homo habilis*, pero el cerebro es más grande y los homínidos han crecido algo en estatura. Quizás su talla fuera como la de los pigmeos actuales, es decir, mayor que la de los australopitecos, que a su vez podemos comparar con la de los chimpancés.

Es interesante dar ahora un gran salto geográfico y viajar hasta la isla de Flores, al este de Java, en Indonesia. Aquí se han descubierto en una cueva unos restos sorprendentes de homínidos —*Homo floresiensis*— de un metro de estatura y cerebro de australopiteco. Pero, cosa sorprendente, con ellos se han encontrado en la cueva instrumentos de piedra, que no aparecen en los yacimientos de los australopitecos. Estos diminutos homínidos de Flores habrían tenido además que navegar para alcanzar la isla, y eso es toda una proeza. Algunas veces los animales viajan a la deriva subidos a troncos de árbol, o en balsas naturales, pero los homínidos son demasiado grandes como para haber alcanzado la isla de Flores en una navegación accidental y sin habérselo propuesto.

Los fósiles, que se han hecho rápidamente famosos, son relativamente modernos en cronología, que no en aspecto, porque los *hobbits* —como se les ha llamado periodísticamente— vivieron hasta hace 50.000 años. En la isla se han encontrado también instrumentos de piedra de hace un millón de años. Una explicación para estos hombrecillos de Flores sería la de que unos homínidos como los de Georgia, o quizás más primitivos —*Homo habilis*—, llegaron hace unos dos millones de años, o algo menos, hasta Flores, y seguramente allí se hicieron aún más pequeños. Esta reducción de tamaño es frecuente en muchas especies de mamíferos que habitan en islas, sobre todo si no hay grandes depredadores a los que temer. De este modo ahorran en alimentación porque hacen falta menos calorías para un cuerpo más pequeño.

Los restos de los primeros homínidos de Java tienen más de un millón y medio de años, pero pertenecen a otra especie muy diferente: *Homo erectus*, que también se encuentra en China. Su estatura era similar a la nuestra y su cerebro bastante mayor que el de las anteriores especies mencionadas. En África se conoce desde hace 1,8 millones de años una variante de esta especie asiática a la que algunos paleontólogos llaman *Homo ergaster*. Ambas especies podrían ser la misma, o tratarse de dos especies cercanas pero diferentes. Es difícil compararlas porque casi todos los fósiles africanos son anteriores a la mayoría de los de Java y de China, y por lo tanto son más primitivos. Curiosamente, los investigadores del yacimiento de Dmanisi, que crearon en su día la especie *Homo georgicus*, ahora prefieren incluir los fósiles en la especie *Homo*

erectus, que agruparía a los fósiles africanos, chinos y javaneses junto con los de Georgia. A nosotros, en cambio, los fósiles de Dmanisi nos parecen más primitivos que los otros y preferimos, al menos de momento, mantener la especie *Homo georgicus*.

Temple

Los yacimientos conocidos desde antiguo —y que forman ya parte de nuestra cultura— son historia por partida doble: historia de la Humanidad e historia de la Ciencia. Es imposible separar las pinturas de Altamira de su descubridor, don Marcelino Sanz de Sautuola (1831-1888), y de la polémica que se desató cuando dio a conocer su sorprendente —increíble más bien— hallazgo.

El Niño de Taung, el primer australopiteco (descubierto en 1924), también le dio quebraderos de cabeza a su «padre científico» Raymond Dart (1893-1988). Primero fue el escepticismo y la crítica; mucho más tarde, el reconocimiento y los homenajes.

En la isla de Java, en la localidad de Trinil, en las orillas del río Solo, se produjo en 1891 uno de esos grandes hallazgos que resultaron controvertidos. Su autor fue un médico holandés de nombre Eugène Dubois (1858-1940). Se puede ir allí y visitar la antigua y abandonada excavación, al borde del agua. Nada parece haber cambiado en el río y en los campos vecinos. Los abuelos de los más viejos del lugar conocieron a Dubois.

Era entonces Java una posesión holandesa. Dubois se dedicaba al estudio de la anatomía, pero se incorporó como médico al ejército y pidió ser destinado a las Indias Orientales, a donde se

trasladó al poco de casarse, con una hija recién nacida. Inmediatamente inició los trabajos de prospección, primero en Sumatra y luego en Java. Esperaba encontrar el eslabón perdido, que el sabio naturalista alemán Ernst Haeckel (1834-1919) había pronosticado que aparecería en Asia, y al que ya había dado nombre por adelantado: Pithecanthropus alalus («el hombre mono que no habla»). (Darwin, por el contrario, lo situaba con más probabilidad en África.) Dubois finalmente dio en Trinil con una bóveda craneal, una muela y un fémur humanos. «No puedo saber si hablaba —se dijo Dubois—, pero desde luego caminaba erguido.» Así que le puso por nombre científico Pithecanthropus erectus.

A Dubois no le llovieron los homenajes a la vuelta, con los fósiles bajo el brazo. Había graves dudas. El fémur tenía una anatomía muy moderna. El cráneo, en cambio, era pequeño, bajo y con un reborde óseo sobre las cejas, casi una visera. Según unos, se parecía a los neandertales; según otros, a los simios. Tal vez los tres fósiles no fueran del mismo individuo, ya que se habían encontrado separados por varios metros. Además, Dubois —que, todo hay que decirlo, visitaba poco la excavación— no llevaba un control geológico muy estricto. Cuando volvió a Europa, se vio envuelto en una serie interminable de discusiones con unos y con otros. Al final, Dubois se guardó los fósiles, amargado. Su carácter se hizo huraño hasta el día de su muerte. Sanz de Sautuola, Dart, Dubois y muchos otros grandes descubridores han pasado por las mismas pruebas y las han superado como

han podido. Para dedicarse a la ciencia, en la primera línea, hay que tener mucho temple. No puedes esperar que los demás se inclinen ante tu sabiduría y te aplaudan extasiados, porque la esencia del método científico consiste en poner en duda todo lo que los otros afirman.

El fósil humano más antiguo encontrado al oeste del Cáucaso viene de una cueva (Sima del Elefante) de la sierra de Atapuerca (Burgos) y tiene aproximadamente 1,3 millones de años. Los siguientes son de otro yacimiento de Atapuerca, llamado la Gran Dolina, y se datan en unos 900.000 años o poco menos. Son los huesos rotos de más de diez individuos que fueron descuartizados por unos homínidos antropófagos que ocuparon la cueva.

Y un tercer yacimiento de la misma sierra está proporcionando la mayor colección de homínidos fósiles de la historia, con al menos veintiocho esqueletos completos de hace unos 400 000 años. Se conoce como la Sima de los Huesos y, gracias a la sorprendente acumulación de cadáveres que se produjo allí, sabemos cómo eran de los pies a la cabeza, ya que en la mayor parte de los yacimientos faltan los huesos del cuerpo (de cuello para abajo). De esta manera, hemos averiguado que tenían nuestra estatura, pero eran mucho más anchos de cadera, más musculosos y pesaban bastante más. Su cerebro, por otro lado, era en promedio inferior en volumen al de la especie humana actual, pero no por mucho. El origen de un yacimiento tan insólito es una cuestión peliaguda, pero todo apunta a que la acumulación de cadáveres la hicieron homínidos y no

fieras. Junto con los esqueletos se ha desenterrado un hacha de mano. Esta población tan bien representada en la Sima de los Huesos tenía ya rasgos neandertales en la cara y en los dientes, por lo que podemos decir que eran sus antepasados más o menos directos. Además los huesos conservan fragmentos muy degradados de ADN (el más antiguo del mundo para un resto humano) que han podido ser recuperados y confirman la relación evolutiva de la Sima de los Huesos con los neandertales.

¿Esta dispersión de los homínidos fuera de África hizo que coexistieran —en territorios separados— varias especies, o solo hubo una todo el tiempo? Dejando al margen a los antepasados del hombre de Flores en su aislamiento insular, hay autores que sostienen que solo ha existido en el pasado —como en el presente— una especie de homínido, aunque, eso sí, claramente dividida en variedades geográficas, lo que se conoce como una especie *politépica*. Otros autores, por el contrario, están convencidos de que a lo largo de las inmensas tierras de los tres continentes del Viejo Mundo la humanidad se escindió en varias especies verdaderas, es decir, que no se cruzaban entre sí o que apenas intercambiaban genes.

Capítulo 14

... y se conocen a sí mismos

Ahora viene a cuento preguntarse cuándo apareció la consciencia, porque con ella surgió tímidamente la última de las esferas, la «envoltura» pensante o noosfera, que requiere un sistema de comunicación especial llamado lenguaje humano. Este tipo de comunicación codifica la información por medio de símbolos, sean sonidos o letras, y por lo tanto solo es posible si conecta dos mentes que son simbólicas. Nada parecido se encuentra en ninguna otra especie de las que pueblan el planeta.

Todos los humanos somos racionales, y por eso no sabemos en qué consiste ser irracional, no ser humano, aunque a menudo hagamos cosas sin darnos cuenta. Pero tenemos expresiones que indican cuándo se ha obrado conscientemente y, por lo tanto, en qué situaciones somos responsables de nuestros actos. Obrar *a sabiendas*, por ejemplo, es decir, con conocimiento de causa. O *a propósito*, o sea, con un objetivo, con un fin, planificadamente, con vistas a conseguir algún resultado en el futuro, a veces muy distanciado en el tiempo, muy lejano. O bien, hacer algo *voluntariamente*, sin estar obligados, por decisión propia, libremente.

O, por supuesto, *a conciencia*, dándonos cuenta. Y hay otras expresiones no menos elocuentes, como *deliberadamente*, después de examinar de forma detenida la cuestión dentro de nuestra cabeza, o sea, «viendo» el comportamiento que vamos a llevar a cabo

antes de que se produzca. O *intencionadamente*, o *queriendo*, etc. En realidad, sorprende que haya tantas formas de decir lo mismo. Y es que ponemos mucho empeño en distinguir lo que se hace adrede, aposta (y que es merecedor de juicio moral), de lo que es casual o instintivo y no se juzga. Lo humano de lo animal.

Nuestra especie es consciente y tiene una mente simbólica, porque de otro modo no nos estaríamos haciendo estas preguntas. Los fósiles de *Homo sapiens* más antiguos se han encontrado en África —nuestra cuna— y tienen unos 200.000 años. Hace 75.000 años aparecen en una cueva de Sudáfrica conchas de caracoles marinos perforadas para ser ensartadas en collares, y eso es muy importante porque los objetos de adorno no tienen ninguna utilidad práctica como herramientas, pero sí una función social, ya que son objetos simbólicos que «dicen» cosas sobre el que los lleva.

Diseño

Se utiliza ahora mucho el término diseño para referirse a la moda, y en general a todo lo que hace el hombre, desde un reloj hasta una cacerola, pasando por la ropa, claro está. Todo tiene que tener diseño —entendido como una cierta estética— para que se venda. Pero anteriormente la palabra se refería a la ingeniería: todo tiene que funcionar bien para que se venda. Los seres vivos también tienen diseños, como si fueran máquinas biológicas, y eso era lo sorprendente, lo que más le llamaba la atención a los naturalistas: lo maravillosamente bien diseñados que están los animales y las plantas (a lo que Darwin añadía: «en relación con

sus hábitos de vida», y este es un gran matiz). Pero los organismos no siguen modas (salvo de un tipo muy especial, en lo que Darwin llamaba selección sexual, la que embellece a un sexo para hacerlo más atractivo al otro; pero esa es otra historia). Tradicionalmente, y para distinguir eficacia de estética, en la Historia del Arte se hablaba de estilos. Las cerámicas, las lámparas o los muebles, es decir, las artes decorativas, y también las artes plásticas y la arquitectura tienen estilos diferentes, que permiten identificar la cultura y la época a las que pertenecen.

Cuando el Homo habilis empezó a fabricar útiles de piedra, buscaba su rendimiento como instrumentos, su funcionalidad. No tenían, pues, estilo. En cambio, todo lo que hace el Homo sapiens lo tiene, empezando por la forma en la que se arregla y adorna su propio cuerpo. Y no solo las herramientas adquieren este valor añadido del estilo, sino que hay objetos, los de adorno personal, que solo tienen estilo, o dicho de otro modo, que son herramientas de uso exclusivamente social.

Para que naciera el estilo hacía falta una mente simbólica y la existencia del lenguaje. Así fue cómo surgió el arte prehistórico, transportable o rupestre. No le sirve para nada práctico a un individuo aislado, ya que no es un utensilio, pero es necesario para que exista una comunidad humana bien organizada.

No sabemos cuándo empezamos —en la evolución— a soñar, a componer historias dentro de nuestra cabeza, a convocar a los muertos y a los espíritus en la noche, viéndolo todo con los ojos

cerrados. Pero, fuera cuando fuera, sin esos sueños no habría nacido el arte.

La especie *Homo sapiens* salió de África y se extendió por Eurasia, donde se encontró con otros homínidos. En Europa, Oriente Próximo y Asia Central vivían los neandertales, y en Java todavía quedaban *Homo erectus*, aunque evolucionados. Los neandertales enterraban a sus muertos, por lo que nos preguntamos: ¿tenían una mente simbólica, tenían lenguaje humano? Unos dicen que sí — nosotros también lo pensamos— y otros que no. Incluso la acumulación de cadáveres de la Sima de los Huesos en Atapuerca —más antigua que los neandertales— pudo corresponder a una práctica funeraria.

El encuentro entre el *Homo sapiens* y los neandertales —que muchos creemos que eran una especie diferente: *Homo neanderthalensis*— se produjo en Europa hace unos 40 000 años — aunque la fecha varía con las regiones—, y quizás los neandertales acabaran desapareciendo más tarde en el sur de la península Ibérica (y ese, el de la posible pervivencia de los neandertales meridionales durante unos miles de años, es tema que aún no puede darse por aclarado). Para cuando se extinguieron los neandertales, los *cromañones* (es decir, los nuestros) ya habían producido magníficas obras de arte, como pequeñas pero delicadas estatuillas de marfil o incluso espléndidas pinturas rupestres. Hay un gran debate acerca de si los neandertales tenían una mente simbólica como la nuestra. Recientemente se les ha atribuido la

autoría de pinturas rupestres en tres cuevas españolas, que no todos los especialistas admiten. Pero la ciencia avanza por contraposición de hipótesis alternativas, así que hay que confiar en que se podrá resolver esta cuestión pronto. El contacto entre neandertales y cromañones tuvo lugar en medio de la última glaciación, pero no en el momento más crudo, que vino luego, cuando se quedaron solos los «sapiens». Aunque, en realidad, no estaban del todo solos, porque los acompañaban los espíritus en los que creían, que eran fuerzas sobrenaturales creadoras del mundo material y, al mismo tiempo, responsables de su mantenimiento, de su continuidad. Había orden en la naturaleza, existían leyes que debían ser cumplidas a toda costa. Si se transgredían esas normas, si se quebrantaban los mandamientos, sobrevendría el caos, la destrucción, el aniquilamiento de los ciclos de la naturaleza, de las regularidades que hacían que el mundo fuera entendible y predecible.

Un tatarabuelo neandertal

En los últimos años se han producido espectaculares avances en el campo de la genética. No solo se conoce la totalidad del genoma humano actual —y para un número cada vez mayor de personas—, sino que también se ha secuenciado completamente el genoma neandertal, y, en una muy pequeña parte, el de los pre neandertales de la Sima de los Huesos.

Las diferencias genéticas entre neandertales y humanos actuales, aunque pequeñas, son del máximo interés para

conocerlos a ellos, y también para entendernos a nosotros y averiguar qué es lo que nos hace únicos en tantos aspectos, desde la anatomía hasta el pensamiento. Sabemos mucho de las diferencias esqueléticas entre ellos y nosotros, pero poco de las cognitivas, que abarcan desde el lenguaje simbólico hasta las creencias.

Y he dicho ellos para referirme a los neandertales, como si no tuvieran nada que ver con nosotros. No es así. Compartimos, de entrada, la mayor parte de nuestro genoma, ya que la separación de las dos líneas —es decir, el momento en que las poblaciones europeas y africanas dejaron de intercambiar genes— es relativamente reciente en el tiempo: hace entre un millón y medio millón de años. Además, el primer estudio sobre el genoma neandertal apunta a que los humanos actuales de Eurasia recibieron una pequeña aportación genética (que no llega al cinco por ciento) de los neandertales. Lo contrario, el flujo de genes sapiens hacia los neandertales, no se ha detectado.

El caso de los pueblos subsaharianos es distinto del de europeos y asiáticos, porque no se han visto en ellos secuencias genéticas procedentes de los neandertales. Esto se explica porque los subsaharianos nunca estuvieron en contacto con los neandertales. Sin embargo, al salir los humanos modernos de África se encontraron con los neandertales que vivían en el Oriente Próximo, e intercambiaron genes, se cruzaron (pero eso no debe hacernos perder de vista que el resultado fundamental del estudio es la divergencia evolutiva entre las dos líneas, que

explica las diferencias morfológicas tan marcadas entre unos y otros).

De este modo, algunos genes neandertales llegaron (según parece) hasta Nueva Guinea, China o Francia. Pudieron incorporarse, aunque los hijos en común no abundasen, porque los humanos que salieron de África fueron pocos. Más tarde se multiplicaron sus descendientes por todo el mundo. Precisamente, la presencia de secuencias neandertales en humanos actuales que viven en regiones tan alejadas entre sí de Eurasia indicaría que fueron incorporados antes de que esas poblaciones se separasen unas de otras, es decir, en el momento de la salida de África o al poco tiempo.

Sorprende, no obstante, que los habitantes de Europa occidental no porten más genes neandertales que los papúas o los chinos, puesto que la convivencia en Europa fue de muchos milenios, y el territorio estaba más densamente poblado —sobre todo en el sur— que en otros lugares.

La explicación podría estar en que los actuales europeos llegaron milenios después, con las expansiones neolíticas desde el Creciente Fértil, donde los neandertales habrían desaparecido mucho antes que en Europa. También es posible que para cuando los nuestros penetraron en Europa quedaran muy pocos neandertales vivos —hay quien dice que ninguno— porque sus poblaciones se habían visto muy mermadas por la glaciación. Además, las poblaciones actuales indonesias, australianas y de Nueva Guinea —más otras del continente asiático— portan, junto

con unos pocos genes de los neandertales, otros genes de una segunda población antigua, los denisovanos, conocidos por los genomas obtenidos a partir de dientes y restos óseos muy pequeños encontrados en la cueva Denisova, en los montes Altai en Siberia (Rusia). No sabemos qué aspecto físico tenían estos denisovanos, porque es muy poca la información paleontológica disponible, aunque se conozca su genoma completo.

Falta comprobarlo todo y discutirlo todo. Pero es seguro que los europeos y los asiáticos llevamos una gota neandertal en nuestras venas (y los asiáticos otra gota denisovana), y en cambio los subsaharianos son humanos modernos sin mezcla alguna. ¡Con todo lo que han dicho los racistas de la superioridad y pureza de la «raza blanca»!

Finalmente el frío, la glaciación, la desolación llegó a su fin, y los hielos de los grandes casquetes retrocedieron o se fundieron. América pudo ser poblada. Para entonces, cuando terminaba la última glaciación, en el Mediterráneo oriental estaban ocurriendo cosas increíbles que lo cambiarían todo y harían que la biosfera nunca volviera a ser la misma. Los humanos almacenaban semillas de gramíneas para alimentarse de ellas en las épocas de escasez. Unos lobos les acompañaban todo el tiempo, con la cola baja, como si fueran de la tribu, sin que los humanos los temieran ni ellos huyeran de los humanos.

Capítulo 15

Algunos decidieron ganarse el pan

Sí, hace unos 15.000 años en el extremo oriental del Mediterráneo vivían bandas de seres humanos que estaban empezando a cambiar el mundo. ¿Quién iba a pensar que sus pequeñas innovaciones iban a tener tan grandes consecuencias?

Los terribles fríos de la última glaciación se estaban retirando hacia el norte, las lluvias se hacían más abundantes y las áridas tierras empezaron a florecer y a fructificar. La vida se hizo más amable para ellos, ya no tenían necesidad de recorrer largas distancias en busca de animales para cazar y de plantas comestibles, la comida crecía a su alrededor y aprendieron a conocer su territorio como nadie lo había hecho antes.

Los *kebarienses*, que así los llamamos ahora, habían escogido un área de campeo que se extendía por valles húmedos, bosques de encinas y robles y llanuras más o menos áridas; desde el actual Israel hasta el alto Éufrates en el sur de la península de Anatolia. Los biólogos denominan *ecotono* a estas zonas de contacto entre paisajes variados. Es una buena idea esta de vivir en un territorio diverso porque cuanto más lo sea, más recursos ofrece.

Al cambiar los paisajes, algunas de las grandes presas desaparecieron y entonces los humanos centraron sus esfuerzos en explotar otros recursos como pequeños animales y cereales y legumbres silvestres. Las gentes del Mesolítico adquirieron, y se

transmitieron, toda la información relativa a su medio. Comían todo lo que se podía comer y utilizaban todo lo que se podía aprovechar. Fueron buenos tiempos y la población aumentó más de lo que lo había hecho nunca.

¿Un nuevo equilibrio?

En cada territorio, según sus características, puede vivir solo un número determinado de individuos de cada especie. Es decir, en una pradera pueden vivir «x» caballos, y ni uno más: tanta hierba, tantos caballos; tantos caballos, tantos lobos. A esto se le llama capacidad de carga.

A esta relación o equilibrio entre las especies que conviven en un territorio se le llama cadena alimenticia (y también pirámide trófica). Se inicia con los vegetales porque son los que convierten sustancias inorgánicas en orgánicas, que son las únicas que podemos comer los animales. Los consumidores de plantas (o fitófagos), como caballos, vacas o ciervos, son los consumidores primarios; los consumidores de fitófagos son los carnívoros. Claro está que cada nivel o escalón de la pirámide admite cada vez menos individuos porque en el paso de uno a otro se pierde mucha energía. La mayor parte de la energía que obtiene un organismo la utiliza en construirse y mantenerse a sí mismo; a esto se suma que los consumidores secundarios solo aprovechan parte del organismo del que se alimentan.

La naturaleza tiende al equilibrio: cuando algo cambia (por ejemplo, el clima), todo tiene que reajustarse. Así fue siempre y

así sigue siendo para los animales salvajes. Y esta relación es la que empezamos a trastocar los humanos cuando empezamos a forzar el crecimiento de las especies que más nos interesaban en detrimento de otras. Más adelante tendremos ocasión de volver a este apasionante tema.

Pero hace unos 12.800 años las lluvias disminuyeron y las temperaturas descendieron. Con el aumento de la aridez los recursos se hicieron más escasos. En ese momento empezó el gran cambio, cuando algunos grupos humanos —a los que ahora llamamos *natufienses*— reaccionaron a las nuevas condiciones favoreciendo las especies que les eran más útiles, en vez de ir a buscar nuevos territorios o morir de hambre, que era lo que había ocurrido siempre. No cabe duda de que todo lo que habían aprendido sobre la explotación de su territorio les fue muy útil. Así, cuando acabaron los malos tiempos, el germen de la agricultura y la ganadería ya se había implantado en los territorios del Creciente Fértil.

¿Por qué se enfrió el clima?

Esta historia se podría subtítular: «De cómo cuando desagua un gran lago canadiense en el mar de Labrador (Norteamérica) hay una terrible sequía en el Mediterráneo oriental». O lo que es lo mismo: «de cómo un calentamiento provoca una corta, pero dura, glaciación».

Porque aparentemente eso fue lo que pasó: cuando el último periodo glacial parecía haber terminado y el calentamiento era un hecho cierto, de repente, en apenas cien años, el norte de América y de Europa volvieron a vivir el gran frío. Y también parece ser que una buena parte de la culpa del enfriamiento hay que achacársela al calor. La explicación a esta aparente paradoja está en el mar.

Los océanos ocupan más del 70 por ciento de la superficie del planeta. Las diferencias de insolación debidas a la latitud y a la estratificación de temperaturas, desde la superficie a los fondos, crean en los océanos verdaderos ríos con aguas de distintas temperaturas y salinidad: las llamadas corrientes oceánicas. En principio se pueden distinguir dos tipos diferentes, pero relacionados: las corrientes superficiales y las corrientes profundas. Las corrientes superficiales transportan el calor desde las latitudes tropicales a las templadas; por eso se observan diferencias en los climas —a veces muy marcadas— entre distintos puntos situados en la misma latitud pero a un lado u otro de los océanos. Sirva como ejemplo que la temperatura media de los inviernos de Filadelfia (Estados Unidos) es unos diez grados menor que la de Oporto (Portugal). Las corrientes profundas también influyen en los climas: concretamente tienen capacidad para alterarlos, sobre todo porque son el motor de las superficiales. Pero también «calientan las temperaturas» allá donde se producen. Es el caso de la que se forma en el mar del Labrador (en el Atlántico Norte): sus aguas son tan densas —por

lo frías y cargadas de sales— que se hunden formando una «catarata» tan grande que libera la energía suficiente como para elevar varios grados la temperatura en la zona. Aquí es donde empieza esta historia, cuando un enorme lago que se había formado en el centro del continente norteamericano —con las aguas del deshielo del gran casquete que lo había cubierto durante la última glaciación— se desbordó y empezó a derramarse en el golfo de San Lorenzo. La súbita llegada al mar del Labrador de semejante cantidad de agua dulce disminuyó tanto la salinidad —y por tanto la densidad— en esa zona que cesó la formación de la corriente profunda y se paró el sistema de circulación oceánica. El calor dejó de distribuirse y el frío se instaló en las latitudes septentrionales. Este enfriamiento provocó en el resto del hemisferio norte una disminución notable en las precipitaciones.

¿Por qué natufienses? Nosotros no sabemos cómo se denominaban ellos a sí mismos, ni siquiera si se consideraban un grupo, pero los prehistoriadores tienen que poner un nombre a los yacimientos, a las culturas y, en definitiva, a las comunidades que estudian. En este caso se lo puso Dorothy Garrod, en 1932, por un yacimiento muy importante encontrado en Israel (que por entonces era mandato británico de Palestina): Uadi-en-Natuf, en el que se encontraron restos de esta cultura.

Los arqueólogos saben que el consumo de cereales era muy importante para los natufienses porque en los yacimientos han

encontrado muchos indicios: grano, hoces o molinos para moler el cereal. ¡Y ratones! El ratón doméstico (distintas subespecies de *Mus musculus*) también debía de utilizar como despensa los silos en los que almacenaban el grano las gentes de este tiempo.

Los agriotipos, o especies silvestres, del trigo, la cebada, los guisantes, las lentejas, los garbanzos, el lino o las higueras fueron explotados sistemáticamente hasta que finalmente se convirtieron en las primeras plantas domesticadas. Realmente escogieron muy bien. La combinación de cereales y legumbres tiene un alto valor nutritivo; además, crecen rápidamente, tienen buen rendimiento y resisten un tiempo bastante largo de almacenaje.

Pero estos grupos humanos no solo elegían ciertas especies, sino que recolectaban los ejemplares que presentaban ciertas mutaciones; en el caso de las variedades de trigo domesticadas escaña (*Triticum boeoticum*) y escanda (*Triticum dicoccoides*), fueron elegidas las que tenían las espigas más firmes, los granos más afianzados y las semillas menos protegidas. Rasgos estos que no son la norma, porque las espigas se rompen, cuando la semilla está madura, y los granos se sueltan para así poder germinar. Esta es su estrategia de reproducción. Sin embargo, los recolectores recogían las espigas que no se habían roto y que no habían perdido sus granos. Finalmente fueron estas variedades favorecidas las que se cultivaron.

Esta decisión tuvo mucha más envidia de lo que puede parecer a primera vista, porque implicó la elección de un tipo de alimento «que no se podía comer». Tanto los cereales como las legumbres, sobre

todo las secas (y así son las que se han almacenado), precisan cocinarse para poder ser digeridas y asimiladas. El proceso es laborioso, pues en ambos casos necesitan ser cocidas y los cereales requieren primero una molienda. Se puede decir que es entonces cuando, con el consumo de especies vegetales domesticadas, empieza la cocina elaborada.

En Jericó (Palestina) y Abu Hureyra y Tell Qarassa (Siria) queda un registro magnífico de ese tiempo en el que, hace unos 10.000 años, los grupos humanos empezaron a establecerse en aldeas. Jericó alcanzó pronto un tamaño considerable: unas dos mil personas vivían en casas de adobe de planta circular protegidas por una muralla de cuatro o cinco metros de altura y con una torre circular de diez metros de diámetro y ocho metros de altura.

También en ese tiempo, en las laderas sur y suroeste del gran arco que hacen los montes Tauro (sur de Anatolia) y los montes Zagros (que marcan la frontera de Irán e Irak), aparecen los primeros indicios de domesticación de animales. Todo apunta a que este fue un proceso largo que seguramente se inició cuando la caza empezó a escasear y los hombres comenzaron a intentar asegurarse las presas, capturándolas para «guardarlas» como despensa. Se aprecia en los yacimientos arqueológicos de esa época un cambio en las especies y proporciones de edades y sexos de los animales: muchos más individuos jóvenes y hembras que los que corresponden a las formas silvestres. También nos han llegado de entonces pinturas que representan escenas de captura. Así comenzó la «selección

artificial», por contraposición a la «natural», hecha por humanos que escogían los ejemplares que más les convenían.

¿Y qué es lo que interesaba a estos primeros ganaderos? Fundamentalmente, controlar la reproducción, que tuvieran descendientes los individuos dotados de más lana, o de más carne, o que dieran más leche. En el control de la reproducción radica el éxito de la domesticación. Al cabo de un tiempo ese proceso de selección dio lugar a cambios morfológicos que permitieron diferenciar las especies domesticadas de las silvestres.

Las primeras, hace unos 10.000 años, fueron las ovejas y las cabras. El antepasado salvaje de la oveja es el muflón (*Ovis orientalis*) y las primeras domesticadas (*Ovis aries*) se encontraron en la cueva de Shanidar, en la ladera sur de los montes Zagros, en lo que hoy es el Turkestán iraquí. Los antepasados silvestres de las cabras (*Capra aegagrus*) se domesticaron también en las laderas occidentales de los montes Zagros en el actual Irán, cerca de la frontera con Iraq.

Unos mil años después se domesticó el cerdo a partir del jabalí en las laderas meridionales de los montes Tauro (península de Anatolia). Finalmente se domesticó el uro (*Bos primigenius*) y hace algo más de ocho mil años ya había vacas (*Bos taurus*) en Tesalia (Grecia) y en la península de Anatolia.

El tamaño y el comportamiento parecen ser los principales factores que se tuvieron en cuenta a la hora de elegir las especies. Se escogieron animales medianos, lo suficientemente grandes como para que fuera rentable su explotación pero no tanto como para que

resultasen inmanejables. Además, eligieron animales poco agresivos (por razones obvias), gregarios (porque es mejor tener un grupo —un rebaño— que animales aislados), con un líder (normalmente un macho dominante, porque así es más fácil que la persona que los pastorease adoptara ese papel y el rebaño lo siguiera) y con cierta flexibilidad ecológica (es decir, no constreñidos a un tipo concreto de alimento o de paisaje). En resumidas cuentas: escogieron aquellos animales a los que se podía domesticar.

Pero todo tiene un precio y los campesinos lo pagaron a cambio de asegurarse el alimento. En sus huesos aparecen deformaciones que no se habían visto en los de los cazadores-recolectores del Paleolítico: patologías debidas al acarreo de cargas pesadas (que se manifiestan sobre todo como engrosamientos de las vértebras cervicales) o a la molienda (en este caso, las perjudicadas son las mujeres, que sufren de artritis en rodillas, muñecas y región lumbar). También disminuye la talla como consecuencia del empobrecimiento de la dieta. Los humanos, desde entonces, «están condenados» a ganarse el pan con el sudor de su frente.

Ciertamente, la vida se hizo más dura. Aunque había más comida —por unidad de superficie— para todos, y sobre todo era más segura, resultaba de peor calidad (desde el punto de vista nutricional, porque era muy poco variada) y se requería mucho esfuerzo para conseguirla. Además, la ganadería, al concentrar a un número excesivo de animales en espacios muy pequeños y en estrecha convivencia con los humanos, abrió el camino a las epidemias.

Capítulo 16

... y empezaron a cambiar la piel de la tierra

La economía de producción, agricultura y ganadería, empezó en unos cuantos puntos alejados unos de otros y se fue extendiendo a partir de ellos. En el Próximo Oriente, como hemos visto, es donde se han encontrado los primeros indicios.

Lo que parece ser una constante en los distintos focos es que este cambio se origina en territorios que sufren una crisis ecológica, normalmente vinculada al aumento de la aridez. La explicación radica en que las economías productivas requieren un trabajo mucho mayor que el de las cazadoras-recolectoras y por ese motivo solo son rentables cuando hay que hacer frente a una carestía. Sin embargo, una vez implantadas, como permiten mantener poblaciones mucho más numerosas, no se abandonan. Salvo en muy contadas excepciones, no ha habido vuelta atrás.

En el otro extremo del gran continente asiático está otro de los focos del Neolítico, en la China nororiental. En la cuenca alta del río Amarillo (Huang Ho), al sur de los montes Taihang, que la separan del desierto del Gobi, se han encontrado los primeros yacimientos neolíticos. En ellos se empezó a cultivar el mijo (*Setaria italica* y *Panicum miliaceum*) hace más de 8000 años. Los primeros vestigios se han encontrado en las orillas de un afluente del río Amarillo, en la actual provincia de Henan, y enseguida se extenderán por la cuenca media y hacia el sur, siguiendo la cuenca del río Sikiang. Estas eran —y son— tierras de *loess* (finos sedimentos acumulados

por la acción del viento), con temperaturas extremas propias del clima continental: fríos inviernos y veranos muy cálidos. Los suelos son fértiles pero con tendencia a la aridez, debido a la escasez de precipitaciones, que son prácticamente inexistentes en invierno y primavera.

Se le da el nombre de «mijo» a unos cuantos cereales con semillas pequeñas que se adaptan bien a terrenos áridos, porque tienen un amplio y profundo sistema radicular que les permite obtener agua de niveles freáticos poco superficiales, además de un ciclo vegetativo muy corto: la siembra es a finales de primavera y la fructificación, en verano.

Hace unos 7.000 años, gentes de la llamada cultura de Yangshao, también en la provincia de Henan, empezaron a cultivar arroz, además de algunas hortalizas —como nabos o berzas— y frutas. Sin embargo, parece ser que la domesticación del arroz se produjo algo más al sur, en el valle medio del río Yangzi (Azul), el más largo de China. En estas primeras aldeas chinas domesticaron el cerdo, que fue el animal que alcanzó más importancia económica; también utilizaban como alimento a los perros, que ya tenían desde el Paleolítico. Por último, hay evidencias arqueológicas de sericicultura hace más de 5.500 años: la cría del gusano de seda, con vistas a la obtención del hilo que forma sus capullos, es quizás la aportación más original de la cultura china. Y una de sus principales fuentes de riqueza tiempo después.

El resto de Asia proporcionó a la nueva economía la domesticación de bovinos como el banteng (en Indochina), el búfalo de agua (en el

valle del Indo) o el yak en las altas y frías tierras de la meseta del Tíbet, camélidos como el camello y el dromedario, y aves como el gallo doméstico.

Los humanos llevaban miles de años aprovechando la carne y la piel de los animales; quizás, también, su pelo (como fibra para hacer cuerdas y tejidos). Con el tiempo, las gentes del Neolítico consiguieron obtener nuevos beneficios de ellos: leche y fuerza de trabajo, tanto para carga y transporte como para las labores agrícolas.

Vacas y enzimas

Los mamíferos nos alimentamos de leche materna cuando somos lactantes (una verdad de Perogrullo), pero los animales no prueban la leche después del destete, y el hombre del Paleolítico tampoco lo hacía. ¿Cómo iba a conseguirla? No había vacas ni ovejas ni cabras a las que ordeñar. ¿Quién lo iba a intentar con una hembra de uro? Hoy en día, sin embargo, se vende leche de vaca envasada en las tiendas y los adultos la consumen. Bueno, no todos, solo una parte de la humanidad, la que conserva después del destete la enzima necesaria para metabolizar la lactosa, el principal azúcar de la leche, enzima que se llama lactasa. Obviamente, no deja de ser una anomalía en toda la categoría —clase, técnicamente— de los mamíferos; el producto de una mutación que ha tenido éxito y se ha extendido, aunque no por igual en todo el mundo. La mayoría de los humanos no beben leche porque no digieren la lactosa, que termina fermentando en el colon y produciendo problemas. Pero la

intolerancia a la lactosa no es una enfermedad, ya que es lo normal en un mamífero adulto. Más bien la tolerancia es una rareza.

Los europeos digieren en general la leche, pero los porcentajes de población que conservan la enzima cuando son mayores varían, siendo máximos en el norte (Escandinavia, Irlanda y Holanda) y más bajos en el Mediterráneo. También producen lactasa de adultos, con diferentes porcentajes, algunos pueblos del Oriente Próximo, del sur de Asia y algunos africanos —no mediterráneos— de piel oscura. En cambio, la mayor parte de los asiáticos y africanos y la totalidad de los indios americanos son intolerantes a la lactosa. Se ha especulado con que los pueblos del norte de Europa tienen problemas para sintetizar la vitamina D —y absorber calcio, en consecuencia— a causa del poco sol que reciben sus tierras y sus pieles, y por eso habrían conservado de adultos la capacidad de obtener de la leche la vitamina D (junto con el calcio). La mutación se habría originado entonces por allí, pero siempre —naturalmente— que se dispusiera de animales domésticos a los que ordeñar; es decir, en tiempos neolíticos.

Sin embargo, un estudio reciente relaciona la persistencia de la lactasa en adultos con una mutación en un solo gen y concluye que no se produjo en el norte de Europa, sino en un área situada entre los Balcanes y Europa central, hace unos 7.500 años. Tenemos aquí un bello ejemplo de cómo el ser humano se adapta biológicamente —y además muy rápido— al medio que él mismo

ha creado. Los individuos de los pueblos pastores se ven favorecidos por esta mutación, que en cambio no beneficia a los agricultores. Se podría decir que la ganadería y los propios pastores han co-evolucionado.

Finalmente, se ha visto que los pueblos africanos de Kenia, Tanzania y Sudán que también conservan la tolerancia a la lactosa después del destete han experimentado tres mutaciones diferentes a la europea e independientes entre sí. Es otro bonito ejemplo de la misma respuesta biológica ante una situación similar, que recibe el nombre de convergencia adaptativa.

Hace alrededor de 9000 años ya se cultivaban las tierras altas de Nueva Guinea, o Papúa, como se prefiera. Esta isla está recorrida de extremo a extremo por una alta cordillera —algunos picos superan los 5000 metros—, con glaciares en las cumbres más altas. Las escarpadas vertientes de las zonas bajas están cubiertas de una densa selva ecuatorial. Aunque no lo parezca, el bosque siempre lluvioso es un territorio pobre en recursos porque la mayor parte de su biomasa no es comestible para los seres humanos. Por eso, para poder ocuparlo hubo que gestionar la tierra. En los terrenos pantanosos del gran valle de Wahgi, a 1500 metros de altitud, se empezaron a cultivar los antepasados silvestres de la caña de azúcar, el taro gigante y ciertas variedades de bananas.

¿Por qué domesticaron tubérculos, bulbos, tallos o frutas en vez de cereales o leguminosas, que son más nutritivos? Pues por la sencilla razón de que no tenían especímenes silvestres. También ese es el

motivo de que no domesticaran ningún animal: no disponían de ninguna especie de mamífero domesticable. Los habitantes de la costa obtenían sus proteínas animales del mar, pero los de la montaña se tenían que conformar con pequeños mamíferos, ranas e incluso arañas. Aunque encontraron una forma de ampliar el menú de proteínas animales: ¡el canibalismo!

En el continente americano hay tres focos, al parecer independientes, en los que se domesticaron nuevas especies. El más antiguo de Mesoamérica está en el valle de Tehuacán (en el sureste del montañoso estado de Puebla, México). Allí, hace cerca de 9000 años, pequeños grupos de cazadores-recolectores empezaban a cultivar calabazas, chiles o pimientos, camote, frijoles, tomate y aguacates. Dos mil años después ya habían domesticado el maíz. Mucho tiempo después, en el centro y en el occidente mexicano domesticarían el pavo, el único animal dedicado a la alimentación (exceptuando al perro, que ya estaba domesticado desde el Paleolítico). También llegaron a ser expertos apicultores, pues criaban más de seis especies de abejas en troncos huecos.

Más o menos al mismo tiempo en la zona andina, también hace unos 9000 años, se sembraba maíz (hay evidencias arqueológicas en Ayacucho, Perú) y, algo antes, frijoles o judías en Jujuy (norte de Argentina). Unos dos mil años después, en Ecuador y Perú cultivaban maíz, algodón, camote (batata), cacahuete y achira. La achira (*Canna indica*) es un tubérculo del que se obtiene harina.

La mayor aportación de esta zona al resto del mundo es la patata. Parece que empezó a cultivarse en los alrededores del lago Titicaca,

en el altiplano andino, hace unos 7.000 años. No es el altiplano un lugar amable para la vida, ya que su altitud —más de 3500 metros sobre el nivel del mar— provoca que las temperaturas sean extremas, y la barrera de montañas que lo separan del mar sirve de pantalla a las precipitaciones. Sin embargo, debido a su gran envergadura, el lago suaviza algo las duras condiciones ecológicas de su entorno.

Por otra parte, la patata es capaz de crecer en condiciones muy duras, ya que tolera las heladas. En la región, desde el centro de Perú hasta el noroeste de Argentina, hay varias especies silvestres muy parecidas entre sí. Además, dieron con una ingeniosa forma de conservarlas (recordemos que el principal objetivo de la agricultura es recoger un excedente de comida para poder almacenarlo). El procedimiento que inventaron fue el *criosecado*, que consistía en exponer las patatas a la helada nocturna para secarlas al sol al día siguiente y después aplastarlas. Repetían la operación unas tres veces hasta que las deshidrataban, y así, convertidas en *chuños*, las podían conservar largo tiempo y hacerse con una despensa que les asegurara el alimento en épocas de escasez.

Parece ser que el cultivo de la patata pudo estar vinculado a la domesticación de llamas y alpacas. Algunos investigadores sostienen que los cuidadores de los animales pudieron caer en la cuenta de que la planta crecía abundantemente en los montones de estiércol que se formaban en los corrales donde encerraban a los animales. En cualquier caso, en esta zona domesticaron dos

especies de camélidos: la llama (*Lama glama*) y la alpaca (*Vicugna paca*).

El guanaco (*Lama guanicoe*) es el ancestro de la llama, y la vicuña (*Vicugna vicugna*), el de la alpaca. De ambos animales se aprovecha su carne y sobre todo su pelo, de extraordinarias cualidades para ser tejido (al fino pelo de la alpaca se le llama «oro de los Andes»). La llama es más apropiada por su envergadura como animal de carga que la alpaca, ya que la primera pesa más de cien kilos, mientras que la segunda anda entre los sesenta y setenta y solo alcanza el metro de alzada.

En Norteamérica parece que hay un foco independiente en las llanuras del sureste. Es posible que allí la agricultura nunca fuera el medio principal de subsistencia, pero su aportación fue la domesticación del girasol. Aunque es probable que en México lo cultivaran desde antes.

En África pudo haber más de un foco de neolitización. En cualquier caso, solo hay evidencias antiguas de prácticas agropecuarias al norte del Ecuador. A la franja mediterránea del continente africano llegó pronto el Neolítico, aunque parece posible que lo hiciese desde el Próximo Oriente. Sin embargo, al otro lado del Sahara, en la orla semiárida que bordea el desierto por el sur, el territorio conocido como Sahel, se cultivó el algodón silvestre, el caupí o judía carilla (*Vigna unguiculata*) y del sorgo, un cereal resistente a la sequía y al calor, por lo que es propio de las regiones áridas.

Más al sur, en el delta del Níger se domesticó una especie de arroz distinta de la asiática, y desde allí se extendió hacia el norte hasta

Senegal. También en los bosques del golfo de Guinea se cultivaron ñames, nuez de palma y nuez de cola; allí, hace unos 4500 años los africanos disfrutaban de su propia versión de la Coca-Cola.

Etiopía también tiene sus propios cultivos: entre otros, el teff (*Eragrostis tef*), un cereal de grano muy pequeño y muy nutritivo. Pero el único que ha «exportado» es el café.

Un mundo perdido

Hace unos cuantos miles de años el Sahara no era un desierto tan grande. Uno de los puntos más áridos del mundo hoy día, el Teneré, fue un territorio abundantemente irrigado en cuyas aguas pescaban los pueblos que vivían en sus márgenes hace 6000 o 7000 años y ahora, entre las arenas, nos podemos encontrar los anzuelos y arpones que usaban. En el Tassili n' Ajer, en el Ahaggar y en los muchos afloramientos rocosos que salpican el desierto más grande del mundo quedan representaciones de los animales que vivían en los paisajes de entonces: elefantes, jirafas o avestruces. No puede haber pasado tanto tiempo desde que ese mundo desapareciera tragado por la arena, porque en las rocas dejaron grabadas y pintadas también imágenes de carros y los más antiguos son del segundo milenio antes de nuestra era.

Ha sido prolijo este recorrido por los distintos lugares en los que se domesticaron los primeros animales y plantas (primeros y también los más importantes), pero queremos pensar que necesario. A partir

de entonces, hace entre 10.000 y 6.000 años, el mundo no volvió a ser el mismo y la humanidad emprendió un camino sin retorno. ¿Por qué no hubo vuelta atrás? Seguramente no haya una sola razón pero parece inapelable que tenga que ver con que «la mayoría gana».

La llamada economía de producción surgió como apoyo, un «plus» a la economía cuando había problemas, cuando los recursos naturales eran escasos. Pero una de las consecuencias que tuvo sembrar, recoger y almacenar fue que aumentó la cantidad de alimento por unidad de superficie y redujo la mortalidad en épocas de escasez (si no eran largas). Como consecuencia aumentó la población. Los agricultores, sobre todo, necesitan ser propietarios de la tierra —bien individualmente, bien colectivamente—, ya que tienen que recoger el producto de su trabajo. Esta circunstancia haría que, antes o después, entrasen en conflicto con los cazadores-recolectores, y aquí entra la cuestión de «la mayoría». Ahora la mayoría eran los agricultores y, claro, acabaron arrinconando y, finalmente, en la mayor parte de los casos, asimilando o aniquilando a las sociedades nómadas.

Capítulo 17

Pero no todas son tierras de garbanzos

¿Por qué la agricultura y la ganadería no se extendieron como una mancha cubriendo toda la superficie de la Tierra? Por una poderosa razón, y es que el mundo es muy variado y los seres vivos —plantas y ganado— están adaptados a vivir en un entorno determinado. Dicho en otras palabras: porque no todas son tierras de garbanzos.

Porque ¿pueden crecer los garbanzos en los Polos, en los desiertos del Sahara, de Namibia, del Taklamakán, de Australia? No, ni tampoco en la profundidad de las selvas tropicales. Aunque no son muy quisquillosos, tienen sus limitaciones.

Y lo mismo le pasa a cada uno de los organismos vivos. Bien es cierto que hay algunos que son muy poco exigentes y se adaptan a ambientes muy diversos. Por ejemplo, nosotros, los seres humanos, que vivimos prácticamente en todos los sitios. Claro que nuestro caso no es representativo y ya se ha explicado por qué.

Si echamos un vistazo a nuestro planeta, veremos que está lleno de contrastes: bosques cerrados, desiertos cálidos, desiertos helados, montañas, llanuras... En resumen, hay grandes diferencias en los distintos territorios en cuanto a la cantidad de sol recibida, al agua, al relieve y a los suelos.

La Tierra recibe el calor del sol, pero sus rayos inciden con distinta intensidad sobre ella: son más fuertes sobre el Ecuador y más débiles según se van acercando a los Polos. A esto se suma el hecho

de que el eje sobre el que gira está inclinado, algo fundamental a la hora de entender fenómenos tan importantes como las estaciones.

Como consecuencia, la Tierra se divide en distintas franjas climáticas: una central, de trópico a trópico, en la que las temperaturas son altas y no tienen grandes diferencias estacionales; una templada, situada a cada lado de los trópicos; y una tercera que ocupa las zonas árticas, tanto en el norte (una estrecha banda de tierra del norte de Canadá y de Alaska, el norte de Siberia, la península escandinava y prácticamente toda Groenlandia) como en el sur (la Antártida y algunas islas).

En lo referente a las lluvias, la cuestión se complica porque aquí intervienen otros muchos factores, fundamentalmente la circulación general de la atmósfera (los vientos que transportan masas de aire con distintas temperaturas y humedades) y los océanos, y todavía más sus corrientes.

Este esquema general está modificado por diversas variables que hacen que no exista el mismo clima (ni, por lo tanto, las mismas plantas), por ejemplo, en Escocia que en los alrededores de Fez en Marruecos, aunque las dos regiones estén situadas en la zona templada, o en el sur de la península de Florida que en el centro del Sahara, que también están en la zona templada y además a la misma latitud.

Lluvias, vientos y corrientes

Las diferencias de temperatura y presión entre las distintas zonas del planeta tienden a equilibrarse a través de la circulación atmosférica.

El motor del movimiento es el aire recalentado en el Ecuador que asciende y se dirige hacia los Polos, pero en cuanto se enfría lo suficiente empieza a bajar (aproximadamente en los 30° de latitud). Para rellenar el vacío producido, una parte se vuelve a dirigir al Ecuador, describiendo en su trayectoria un gran círculo y dando lugar a los vientos alisios. Así se forman las llamadas células de Hadley, simétricas a ambos lados del Ecuador. Otra parte de la gran masa de aire desplazada continúa su camino hacia los Polos, donde acaban chocando con los fríos y pesados aires polares que bajan hacia las latitudes templadas. Así es como se forman las células convectivas, que constituyen el armazón de la circulación general atmosférica. Este patrón general explica la distribución de las zonas lluviosas y de las áridas.

En la zona de convergencia intertropical (ZCIT) —o, lo que es lo mismo, la zona de contacto de las células de Hadley— el aire ascendente es cálido y húmedo. Al ganar altura, el agua se condensa y se producen abundantes precipitaciones. Por cierto, la ZCIT no está exactamente, a pesar de lo dicho, sobre el Ecuador; más bien es una franja ondulada que, además, no está fija, ya que oscila hacia el norte en verano y hacia el sur en invierno, empujada por las masas de aire polar. Otra zona de lluvias es la del encuentro de las masas de aire polares con las

de aire templado: el llamado frente polar. Allí el aire templado asciende sobre el polar, se enfría, y la humedad que lleva se condensa. Vemos, pues, que las precipitaciones se producen donde hay masas de aire ascendente.

Sin embargo, en las zonas de bajada de aire frío —las de 30° de latitud— se forman áreas de calma o anticiclones que son los causantes de buena parte de los desiertos: por eso los encontramos distribuidos, aproximadamente en las mismas latitudes, por todos los continentes: Eurasia, África, América, Australia.

Este esquema general tiene múltiples variaciones locales debidas a diversos factores. Las montañas pueden ser las responsables de algunos desiertos a causa del llamado efecto pantalla. Este es el caso de la Puna y los Andes. Los vientos húmedos que llegan del mar chocan con las montañas, se elevan y descargan en las vertientes que dan a la costa; cuando atraviesan las cumbres, ya han perdido prácticamente toda el agua; por eso en este lado se forman desiertos.

Otras veces la ausencia de lluvias está provocada por la influencia del mar, concretamente de las corrientes oceánicas frías. Es el caso de los desiertos litorales, como el de Atacama, en Chile, consecuencia del paso de la corriente de Humboldt a lo largo de su costa, o el de Namib, en África, por efecto de la corriente de Benguela.

Una vez que ha quedado claro por qué la Tierra es tan variada y tiene tantas particularidades y por qué los seres vivos en general y las plantas en particular están adaptados a vivir en espacios concretos, quedan todavía otros factores a tener en cuenta. No basta con que las plantas reciban el agua que necesitan, pues además tiene que llover cuando les viene bien. Incluso algunas necesitan frío en un momento concreto de su ciclo vital; por ejemplo, los melocotoneros dan mejor fruto si antes de empezar el ciclo vegetativo la planta sufre los rigores de las heladas. Es decir, cada planta tiene unos límites de tolerancia determinados, que están fijados primero por la cantidad de agua que necesitan, luego por la temperatura (máximos y mínimos) y, por último, por el tipo de suelo. Los vegetales dependen mucho del medio, del territorio, dado que necesitan sol, calor, agua, sales minerales, oxígeno y dióxido de carbono para sustentarse.

Volviendo a los garbanzos, ¿bajo qué condiciones pueden vivir? Estas plantas herbáceas, en concreto leguminosas, precisan de calor porque germinan a partir de los 10 °C, aunque la temperatura que más les gusta oscila entre los 25 y 30 °C. No requieren que llueva mucho, puesto que tienen unas raíces muy profundas que son capaces de encontrar el agua atrapada en la tierra; además, se desarrollan sobre suelos más bien básicos, los que desde luego no soportan son los que tienen yeso.

El antepasado silvestre del garbanzo está en el suroeste de Turquía y desde allí se extendió por aquellas regiones que tenían unas características ecológicas similares: primero por el área

mediterránea y, más tarde, a lo largo del tiempo, por India, Etiopía, muchas zonas de América y también por Australia. Actualmente los principales productores son India, Pakistán, Turquía, Canadá y México.

La zona de distribución del garbanzo, el Creciente Fértil, fue la que más se pudo expandir porque era —y es— la que tiene mayor cantidad de territorio con cualidades semejantes; sobre todo —claro— latitudinalmente.

Desde allí, los animales y las plantas domesticados se propagaron hacia el este, faldeando las estribaciones meridionales de los montes Elburz y la gran cordillera del Hindukush, hasta las llanuras del Baluchistán (en el occidente del Pakistán actual). Allí, en el sitio de Mehrgarh, se han encontrado pruebas del cultivo de trigo y de cebada de hace aproximadamente 9000 años; también tenían ya ovejas y cabras. Cuando esta región fronteriza entre montañas y desiertos empezó a volverse árida, los agricultores se desplazaron hacia las más fértiles vegas del río Indo.

Hacia el oeste la expansión tomó dos caminos, uno hacia la cuenca mediterránea (hace unos 7.500 años ya había llegado a las costas portuguesas) y otro hacia la Europa balcánica (Tesalia, Serbia, Macedonia, Bulgaria, Rumanía), Hungría y Ucrania. Desde esta última zona continúa hacia occidente, en un segundo avance, por las tierras de la Europa central (al norte de los Alpes). Los últimos territorios europeos en adoptar la economía de producción fueron los septentrionales y las islas que ahora forman el Reino Unido e Irlanda.

China tiene buena parte de su espacio, prácticamente todo el norte y su mitad oeste, ocupado por desiertos y montañas inexpugnables. De hecho, se estima que solo el 15 por ciento de su superficie es cultivable. A esto se suma el hecho de que este territorio, el que se puede cultivar, se extiende longitudinalmente desde la zona templada a la tropical. Por lo tanto, los primeros campesinos no podían avanzar mucho con sus prácticas agropecuarias, puesto que se encontraban con los límites ecológicos de las especies domesticadas. Este problema acabó resolviéndose cuando dieron con variedades que se adaptaban a distintas condiciones ambientales; es el caso del arroz, con subespecies adecuadas para el cultivo de secano y otras de inundación.

Hasta ahora hemos visto cómo en el gran continente euroasiático los distintos focos de neolitización van surgiendo a lo largo de una extensísima franja de tierra situada aproximadamente entre los 32° y los 36° latitud norte.

Por el contrario, los focos africanos encontraron muchos problemas para extenderse. Tanto el Sahel como Etiopía están limitados por desiertos, pantanos o bosques tropicales.

Tampoco los cultivos mediterráneos del norte pudieron prosperar más al sur del desierto. Y no solo por la formidable barrera que supone el Sahara, sino por la distinta distribución de las precipitaciones en ambas zonas. Las especies mediterráneas necesitan lluvias en invierno o primavera para germinar y no pueden esperar a las lluvias estivales del Sahel.

De esta forma, la agricultura no llegó a los territorios situados al sur de la línea del ecuador hasta épocas muy recientes. En su camino los campesinos fueron desplazando y absorbiendo a los grupos de cazadores-recolectores, que acabaron obligados a vivir en zonas inapropiadas para la agricultura como el desierto y la selva. Los desiertos de Namib y del Kalahari son ahora el reducto de los khoisán (más conocidos como bosquimanos y hotentotes), que en el pasado habían ocupado buena parte de la mitad sur del continente africano. Y en las selvas centroafricanas viven hoy los aka, baka, twa y otros (antes conocidos como pigmeos), que aun así van perdiendo territorio a medida que los campos de cultivo se van comiendo la selva.

El movimiento de expansión de los pueblos agricultores y ganaderos es tan reciente que todavía los exploradores europeos del siglo XIX fueron testigos de algunos de ellos. En su apasionante relato de los viajes que hizo por el África occidental, Mary Kingsley da cuenta de los movimientos de los fang, que seguían avanzando en un camino que les acabaría llevando desde las selvas del interior de Gabón y Camerún hacia la costa.

La difusión de la agricultura hacia el sur se vio frenada al llegar al extremo meridional de Sudáfrica. Los cultivos que llevaban no eran aptos para la zona de clima mediterráneo que bordea la costa; precisamente lo mismo que había ocurrido en el norte, pero al revés. Por lo tanto, esta franja de territorio no se empezó a cultivar hasta el siglo XVII, con la llegada de los colonos europeos, holandeses —

bóers— primero e ingleses después, que llevaban especies mediterráneas.

En América la propagación de la agricultura tuvo ciertas dificultades. Al no haber podido domesticar ningún animal grande (salvo llamas y vicuñas en una parte del área andina), la dieta de los campesinos se veía prácticamente reducida a los productos vegetales. Además, un agricultor trabajando a mano no podía cultivar tanta tierra ni sacarle tanto rendimiento como si tuviera animales que le ayudaran en su trabajo. Por otra parte, solo podía acceder a los terrenos más favorables; de esta manera, eran muchos los territorios que quedaban fuera de su alcance, como los fértiles pero duros de las grandes praderas de Norteamérica. Así las cosas, los cazadores-recolectores siguieron ocupando buena parte del territorio americano hasta la llegada de los europeos hace quinientos años.

Al continente australiano llegó el Neolítico a finales del siglo XVIII, en 1788, cuando desembarcaron en sus costas 1500 personas y 772 vacas que habían salido de Inglaterra ocho meses antes.

El gran bosque

« ¿Para qué criar cabras, vacas y cerdos si esos animales ya los cría el bosque? Y muchas otras bestias, grandes como el caballo o el ciervo y pequeñas como el conejo, o intermedias como el corzo y el rebeco. El bosque da toda clase de frutos para hacer más variada nuestra dieta y para que nos atraquemos de ellos a finales del verano y en el otoño. ¿Y los salmones cuando llegan a

los ríos nadando corriente arriba, y los otros peces que están todo el año? ¿Y los mejillones, las lapas, los erizos de mar, los cangrejos y tantos otros animales como se pueden conseguir en la costa, también esos los criáis vosotros?»

Una pregunta así podría haberle dirigido un cazador mesolítico a un agricultor o ganadero neolítico. Este último podría haber respondido: «Aunque no tengamos tanta destreza como vosotros, ni nos movamos tanto por el campo, porque vivimos más asentados en el terreno, todas esas cosas también las podemos conseguir los pastores y los labradores.

» ¿Y vosotros? ¿Os da el campo semillas como las del trigo, el centeno y la cebada, o legumbres como los garbanzos, las habas o las lentejas? Las semillas y los granos se almacenan después de la cosecha y nos quitan el hambre en el invierno». El cazador, si era europeo, habría tenido que reconocer que su tierra no daba cereales comestibles, ni tampoco buenas legumbres silvestres.

Cuando terminó la glaciación, toda Europa se convirtió en un bosque inmenso, porque en el continente no hay estepas naturales, salvo muy al este, y la tundra se encuentra solo en las tierras árticas. El territorio europeo se dividía, pues, en grandes arboledas: la taiga (el bosque de coníferas, como el pino y el abeto), el robledal-hayedo o bosque caducifolio, y el encinar o bosque mediterráneo. Otros muchos árboles y arbustos acompañaban a los citados. Solo en las altas montañas había prados todo el tiempo, y a esos agostaderos acudían los grandes animales en el estío, aunque los incendios naturales —y los

provocados por el hombre— abrían claros, que eran las zonas en las que pastaban los fitófagos. También cuando caían los árboles, de viejos, o tronchados por el peso excesivo de la nieve en el crudo invierno, o arrancados por un poderoso ciclón, se creaban espacios abiertos en los que entraban los uros y los caballos a alimentarse, hasta que se acababan cerrando y se formaban calveros en otro sitio. Siempre había sombra y siempre había luz.

Fue un cambio ecológico y paisajístico increíble y relativamente rápido: de la gran estepa al gran bosque. Por la pradera vagaban manadas de fitófagos migradores, que seguían ciertas rutas en las que acechaban los cazadores humanos. En el bosque, los animales de carne viven más dispersos, lo que es un grave inconveniente comparado con las grandes acumulaciones de carne de los rebaños, pero a cambio se mueven menos y no hay que ir a buscarlos lejos. Los cazadores y recolectores que habitaban en él habían adquirido un conocimiento exhaustivo de la naturaleza y aprovechaban todos los recursos. Esos últimos europeos que vivían de la busca y que prolongaron el mundo paleolítico por unos milenios —según las zonas— son llamados mesolíticos. Ya antes de que terminara la glaciación se observa un gran interés de los cazadores por las pequeñas presas. En el Mesolítico todo se come, pero para eso hace falta mucho conocimiento de cómo funcionan los ecosistemas y hacer un gran descubrimiento económico: aunque haya que cazar muchos conejos o recolectar muchos mejillones, lapas y erizos para

obtener las calorías que produce un caballo o un uro adulto — cientos de kilos de carne y grasas—, merece la pena hacer esa inversión de tiempo y energía. Entre otras cosas, porque los pequeños animales están casi siempre a mano.

La población creció gracias a las nuevas fuentes de alimento, o se diversificó la economía porque la población había crecido: da lo mismo, puesto que se trata de un circuito que se retroalimenta. Lo importante es que ya estaban mentalmente preparados para entender que en las pequeñísimas semillas de unas vulgares espigas de gramínea estaba el futuro de la humanidad.

Actualmente todas las plantas y animales domesticados hace miles de años ocupan los territorios que les son propicios. Sirvan como ejemplo los siguientes: Estados Unidos, China y Brasil son los mayores productores de maíz (oriundo de México); China, India y Rusia, de trigo (oriundo del Creciente Fértil); Brasil, India y China, de caña de azúcar (oriunda de Nueva Guinea); Brasil, Vietnam y Colombia, de café (oriundo de Etiopía); Costa de Marfil, Ghana e Indonesia, de cacao (no se ha dicho antes, pero es oriundo de México); China, India y Rusia, de patatas (oriundas del altiplano andino); o Australia, de lana de oveja (oriundas del Creciente Fértil).

Capítulo 18

Los campesinos hacen paisajes

Desde la aparición de la agricultura y de la ganadería, la superficie de la Tierra —fundamentalmente la biosfera— nunca volvió a ser la misma. La progresiva transformación de los paisajes no siguió las mismas pautas en todas partes, ya que cada cultura ha marcado sobre el territorio sus propias señas de identidad. De este modo, en la actualidad coexisten muy diversas formas de gestionar la tierra, algunas heredadas de tiempos pretéritos y otras muy recientes.

Anteriormente hemos visto cómo, en un primer momento, la actividad de los campesinos se centró en expandir y favorecer las especies que les eran útiles y a la vez eliminar las que no les generaban provecho alguno. Así fue como grandes bosques fueron talados y sustituidos por campos labrados.

Más adelante fueron trasladando cultivos y animales, de tal forma que ahora asociamos muchos de ellos a lugares en los que en realidad llevan muy poco tiempo. Los plátanos, por ejemplo, forman parte consustancial de los paisajes de las islas Canarias o de Costa Rica; o la caña de azúcar, de Cuba; el trigo y el maíz, de las praderas de Norteamérica; o los grandes rebaños de vacas, de la Pampa argentina. En realidad, están recién llegados.

Con el tiempo, agricultores y ganaderos se convirtieron también en agentes modeladores del territorio —como lo son el viento, el agua, el calor o el frío— al modificarlo interviniendo en los cursos de agua

—con la construcción de canales de riego o diques—, desecando campos, aplanando terrenos o construyendo terrazas.

Quizás una de las primeras prácticas agrícolas fuera la de roza y quema o el cultivo temporal sobre chamicera, que todavía se mantiene en bosques tropicales de África, Asia y Sudamérica. Este tipo de labor implica la corta de algunos árboles y de las ramas bajas de los que se dejan. No se aran los campos; después del desbroce se limpia el terreno escogido quemándolo y sobre las cenizas se planta la simiente en agujeros que se hacen en el suelo con la sola ayuda de un palo cavador, el mismo que usaban los recolectores para desenterrar raíces y tubérculos. Los huertos resultantes son pequeños y dispersos e incluyen cultivos mezclados, de tal forma que los campos tienen un aspecto muy variado, muy «natural».

Como no se utilizan abonos, hay que dejar que los suelos descansen después de unas pocas cosechas. Por eso es necesario disponer de un amplio territorio por el que ir moviéndose. El resultado de estas labores es un paisaje en mosaico con huertos, bosque en distintos estadios de regeneración y selva. Ahora bien, si no se respetan los tiempos de barbecho para que la selva se recupere —en algunos casos el óptimo implica intervalos de casi veinte años—, el bosque puede acabar siendo reemplazado por extensiones herbáceas. De hecho, se piensa que parte de las sabanas actuales son resultado de este tipo de agricultura.

Los yanomami

Se acaba el día en un claro abierto en la selva amazónica. Los yanomami ya están reunidos en el centro de la gran casa comunal y se aprestan a avivar un fuego que los ayude a sobrellevar el fresco de la noche. Antes de retirarse a descansar en sus hamacas, charlan mientras cenan. El grupo, formado por unas cien personas, lo comparte todo: el producto de la caza y los frutos que recogen en los campos que han abierto alrededor del poblado.

Los yanomami son expertos cazadores. Con sus grandes arcos y sus flechas untadas con un poderoso veneno, el curare, se mueven rápidos y sigilosos por la selva para conseguir la carne que complementará su dieta. En sus campos plantan tubérculos, sobre todo mandioca, con la que hacen una especie de pan y un licor, y también tienen frutas.

Viven todos juntos en una única casa circular, que es como un gran anillo techado alrededor de un patio abierto al cielo. Y según cuenta el etnólogo Jacques Lizot, que vivió con ellos desde 1968 hasta 1992, discuten, se engañan y se enfadan entre ellos, con la mayor cordialidad. Y así viven, juntos y solos, porque el siguiente poblado está a kilómetros del suyo. No puede ser de otra manera, ya que, como la selva es parca en frutos, necesitan mucho espacio en el que cazar y en el que ir abriendo sus huertos.

¿Cuánto tiempo podrán seguir viviendo así los pueblos de la selva? No parece que mucho; de hecho, buena parte de ellos ya han

perdido sus territorios y su forma de vida. La explotación de los bosques tropicales avanza a pasos agigantados, pero de otra manera. Ahora no solo se le quita la vegetación, se le arranca «la piel». Las grandes máquinas, *bulldozers*, penetran en ella para hacer carreteras que lleven a las minas, a los árboles y, sobre todo, a las enormes haciendas en las que pasta el ganado o en las que se siembran plantas para hacer biocombustibles. Nada que la gente del bosque pueda comer. Nada que sirva, por tanto, para vivir allí.

El contrapunto paisajístico a la chamicera son los monocultivos tropicales. Los arrozales del sudeste asiático serían un ejemplo paradigmático. Se ha dicho de ellos que ninguna otra planta como el arroz determina con tanto vigor un paisaje rural: enormes extensiones con una geometría precisa, la tierra peinada en bancales perfectamente paralelos, con la misma —y única— planta repetida hasta el horizonte. La rentabilidad es mucho más grande; sin embargo, el trabajo que requieren estos cultivos es ímprobo. La vida de un campesino de arrozal no tiene nada que ver con la de un yanomamo.

Las *plantaciones* han creado espacios nuevos en la zona intertropical que contrastan con los paisajes tradicionales de policultivos de subsistencia. Introducidos en sus colonias por los europeos, sobre todo a finales del siglo XIX, la caña de azúcar, el algodón, el tabaco, el té, el café, el cacao, las bananas, las piñas, el caucho, la palma o los cocoteros ocuparon grandes superficies de territorios en los que antes eran desconocidos.

Estas explotaciones agrícolas también se dedican a la producción de un solo cultivo, pero en este caso con vistas a su comercialización, no para procurar alimento a los campesinos. Conseguir el máximo beneficio posible es su objetivo; por eso no les resulta rentable el mantenimiento de la tierra y prefieren ocupar nuevos espacios cuando los que están en explotación se agotan. De esta manera, van dejando a su paso tierras esquiladas. Una plantación es una empresa más, en la que sus empleados, en vez de producir coches, producen azúcar o cocos.

La población de la zona intertropical es la más dependiente de la agricultura en el mundo. Ruanda, uno de los países con mayor densidad de población, puede ser un buen ejemplo, ya que el 90 por ciento de sus habitantes son agricultores. Por tanto, el espeso y húmedo bosque natural prácticamente ha desaparecido; solo se conserva en el Parque Nacional de los Volcanes, donde viven los últimos gorilas de montaña. El resto del país está ocupado por pequeños huertos familiares en los que se cultivan mandioca, judías, batatas, sorgo y plátanos, o por plantaciones en las que se cultivan café, té y pelitre (que se utiliza para fabricar insecticidas) para la exportación.

El país río

Si hay un país del que pueda decirse que ha sido creado por los agricultores es Egipto.

Desde hace mucho más de 5000 años, sus campesinos manipulan las crecidas del Nilo para ampliar y fertilizar sus

tierras de labor. El Nilo es uno de los ríos más grandes del planeta; de hecho, es el segundo más largo. Discurre entre el desierto líbico, al oeste, y el desierto arábigo al este; el contraste entre la zona fértil y la desértica es absolutamente nítido, como una raya pintada en el paisaje: de un lado, campos, huertas feraces; del otro, arena, el desierto.

Del muy irrigado lago Victoria le llega buena parte de su caudal, pero del lago Tana, en las tierras altas de Etiopía, le vienen las crecidas hacia el final del verano, provocadas por los vientos monzones cargados de agua. En la estación de las lluvias el lago Tana se desborda y el Nilo Azul arranca las fértiles tierras volcánicas que encuentra a su paso.

Los agricultores llevan miles de años construyendo diques, canales o muros de contención para controlar las aguas, recoger el limo que estas arrastran y distribuirlo por las orillas, con el fin de crear sus propios campos.

Dos mil años después de desaparecido el último faraón, se hizo en Egipto la última gran obra «faraónica» destinada a regular las crecidas y a abastecer de energía al país. En los años sesenta del siglo XX se construyó una enorme presa en el curso medio del río: la gran presa de Asuán, que formó el lago Nasser, uno de los embalses más grandes del mundo. Las superficies destinadas al regadío aumentaron enormemente y desde entonces las tierras producen alimento suficiente para mantener a una gran población (de hecho, una de las de mayor densidad del mundo).

Un tratamiento del territorio antagónico al de los policultivos de subsistencia tropicales lo podemos ver en Estados Unidos. Allí es solo un dos por ciento de la población la que se dedica a la agricultura, no el 90 por ciento como en Ruanda; sin embargo, ocupan el tercer puesto entre los mayores productores agrícolas del mundo. Estos altísimos rendimientos los han conseguido gracias al predominio de grandes explotaciones mecanizadas y a la especialización regional de cultivos. La uniformidad del parcelario es consecuencia de la reciente ocupación de la tierra; grandes espacios libres (liberados a costa de la población autóctona, desplazada o aniquilada) fueron repartidos en grandes lotes muy favorables a la mecanización. El resultado ha sido una distribución espacial en «cinturones agrícolas» con las explotaciones más adecuadas a cada territorio. De norte a sur se extienden el cinturón lechero, el de trigo, el de maíz y el de algodón; hacia el oeste, las grandes praderas se dedican a la ganadería extensiva.

En el origen de la agricultura está la pretensión de obtener más rendimiento de la tierra, en concreto más rendimiento por unidad de superficie. Para ello se han ido mejorando las herramientas con las que los campesinos se ayudan en el trabajo: al principio solo utilizaban el palo cavador y la azada; hace unos 4000 años se dio un gran paso cuando se empezó a utilizar la fuerza de los animales para arar o trillar; por último, a finales del siglo XVIII se inventaron las primeras máquinas, aunque realmente la mecanización es un avance del siglo XX y, en general, de su segunda mitad.

La selección de especies más productivas y más resistentes ha sido la otra gran preocupación de los campesinos; la novedad es que en los últimos tiempos ese trabajo ha sido asumido por los científicos. Con la aplicación de la genética a la agricultura, el diseño de nuevas variedades ya no es una cuestión de siglos. Lo que se persigue con la ingeniería genética es incorporar a una planta ciertas propiedades de otra. Por ejemplo, se intenta introducir en el trigo el gen de una herbácea de la Antártida que tiene una proteína que le permite soportar temperaturas de -30°C , y así, al aumentar sus límites de tolerancia, se ampliará considerablemente la superficie agrícola de este cultivo.

Otra de sus líneas prioritarias es la de la resistencia a plagas. Además de evitar la pérdida de cosechas, se intenta reducir el uso de pesticidas que contaminan el agua y el suelo. Visto así, parece que la biotecnología es una gran fuente de beneficios. Sin embargo, los transgénicos han levantado oleadas de protestas.

Con la agricultura industrial —así se llama también a la agricultura mecanizada y científica— se obtienen rendimientos muy altos, ya que con una o dos personas se pueden producir calorías para mil. La contrapartida es que consume muchísima energía. Además, la progresiva selección ha tenido como consecuencia el que cada vez haya menos especies cultivadas.

Científicos, instituciones y gobiernos son conscientes de que la pérdida de diversidad es un grave problema al que urge poner remedio.

En los últimos capítulos hemos visto como la agricultura y la ganadería surgieron en pequeños grupos humanos sometidos a condiciones de carestía. Con el tiempo crecieron tanto que necesitaron estructuras de poder para organizarse. Así, para controlar la gestión de excedentes e incluso las propias prácticas agrícolas (como en el caso de Egipto o Mesopotamia), nacieron los estados. Ahora vivimos en una época en la que predomina la tendencia de los mercados y de las empresas a extenderse, a alcanzar una dimensión mundial que sobrepasa las fronteras nacionales. Un mundo globalizado. Por lo tanto, los problemas afectan a la humanidad en su conjunto, y solo trabajando en común habrá alguna oportunidad de solucionarlos.

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), «*alarmada* por la constante erosión de los recursos fitogenéticos», «*consciente* de que son motivo de preocupación común para todos los países, puesto que todos dependen en una medida muy grande de ellos para la alimentación...» y «*afirmando* que la contribución pasada, presente y futura de los agricultores de todas las regiones del mundo, en particular los de los centros de origen y diversidad, a la conservación, mejoramiento y disponibilidad de estos recursos constituye la base de los derechos del agricultor», ha redactado un Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, en cuyo artículo número 7 se compromete a «fomentar actividades encaminadas a promover la conservación, la evaluación, la

documentación, la potenciación genética, el fito-mejoramiento y la multiplicación de semillas».

Una de sus líneas de trabajo consiste en el apoyo a la creación de bancos de semillas en los que preservar toda la variedad posible que exista en la Tierra. El más grande de ellos está en Svalbard, a mil kilómetros del Polo Norte. Allí, en la que se ha dado en llamar Arca de Noé, se conservarán millones de semillas procedentes de todo el mundo.

Capítulo 19

Alumbrar, cocinar, calentar y mucho más

Hace 400.000 años los antepasados de los neandertales se agrupaban alrededor del fuego en una cueva situada en la Bretaña francesa, conocida ahora con el sugerente nombre de Menez-Dregan. Una hoguera perfectamente preparada, con las piedras dispuestas a su alrededor para que no se escapasen las brasas, les proporcionaba luz y calor; y es posible que también cocinaran en ella su cena, unos succulentos trozos de carne. Seguramente ya llevaran tiempo controlando el fuego, es decir, encendiéndolo a voluntad. Lo que no parece es que su uso estuviese generalizado: en los yacimientos de Atapuerca de esas cronologías, en estratos abundantísimos en restos de ocupación humana, no se ha encontrado el más mínimo vestigio de fuego intencionado. Tendría, pues, que pasar más tiempo para que «todo el mundo» tuviera esa magia.

No es de extrañar que algo tan extraordinario como el fuego, que se ve y se siente pero no se toca porque no tiene cuerpo, fuera para los hombres del pasado una magia inventada y disfrutada por los dioses. Cuentan los aborígenes del centro de Australia que los seres de los tiempos pretéritos bajaron a la tierra desde el cielo, por las ramas de unos eucaliptos muy altos, e hicieron un fuego para asar las larvas que se iban a comer. Tuvieron que irse un rato y el fuego aprovechó para hacer travesuras: no tuvo mejor ocurrencia que la de quemar un bosque. Al verlo, los seres humanos fueron allí a toda

prisa para coger brasas y llevarlas a sus campamentos, donde con gran esmero lo mantuvieron con vida con la ayuda de hierbas y ramas secas. Y siempre, desde entonces, han cuidado y honrado sus fuegos.

Los dioses se enfadaron mucho; nunca les ha gustado que el hombre les arrebatase el fuego. Recordemos al pobre Prometeo, condenado a que un águila le comiera el hígado hasta el final de los tiempos por haber regalado el fuego a los humanos. Y quizás los dioses tuvieran su parte de razón, ya que el uso de la energía abrió la caja de Pandora que contenía las desgracias con las que la humanidad fue castigada..., pero no nos adelantemos a los acontecimientos.

Los humanos somos una estirpe nacida en tierras cálidas y no tenemos una piel gruesa y con pelo, ni una espesa capa de grasa para protegernos del frío, de modo que el fuego —o más bien el calor y la luz que proporciona— es una bendición. Además, en general los alimentos cocinados se hacen más fácilmente digestibles.

Y poco a poco se le empezaron a encontrar otros muchos usos al fuego. A veces se convirtió en un eficaz aliado en la caza cuando lo encendían para acorralar a las presas y dirigirlas hacia un punto determinado. En la agricultura se utilizó para desbrozar, mullir y fertilizar el suelo. Y también se descubrió su potencial para producir objetos. Sin él no se habría podido fabricar un nuevo producto que acabó siendo indispensable para la vida cotidiana: la cerámica. Desde hace miles de años —unos 8000 en el Próximo Oriente o más

de 10.000 en Japón— los alimentos se han guardado, transportado o cocinado en vasijas de barro cocido.

Y no nos podemos parar. Los humanos tenemos un cerebro que no cesa de dar vueltas para mejorar las cosas y buscar soluciones a problemas. ¿Hay que guardar comida?, pues ideemos algo adecuado para hacerlo. ¿Es eso todo? No, eso no es todo; además tiene que ser diferente y bello. Así esas cerámicas, como ya ocurría con las herramientas paleolíticas, no se limitaban a ser útiles, eficaces. Un recipiente para guardar grano se decoraba además con engobes, pinturas, grabados o aplicaciones. Pero tampoco bastaba con eso, los artesanos querían pastas más finas, mejor acabadas y más resistentes. Para eso era fundamental controlar el fuego. Y lo consiguieron encerrándolo en los hornos. Regulando la entrada de aire en un horno se puede aumentar mucho la temperatura del fuego.

Así fue como la búsqueda de la belleza propició la explotación de otros materiales que tenían propiedades muy interesantes: los metales. El oro, la plata y el cobre ya se utilizaban desde hacía tiempo. Seguramente su vistosidad, su brillo o los llamativos colores de algunas de las rocas que contenían cobre —como la malaquita o la azurita— llamaron la atención de los pueblos neolíticos, que empezaron a recogerlos y a acumularlos. Estos tres primeros metales se encuentran nativos —puros, o prácticamente puros— en la naturaleza; por eso fueron los primeros en identificarse. Sin embargo, la mayor parte de los metales no se encuentran así, sino combinados con otros elementos formando minerales. Parece haber

consenso en que, de manera fortuita, al preparar los hogares para hacer fuego, nuestros antepasados utilizaran algunas rocas con minerales metálicos que, al calentarse, se separaron. Pero el calor de una hoguera no era suficiente para extraer todos los metales; así fue como se encontraron nuevos usos para los hornos. Había nacido la metalurgia.

Tesoros y armas

Hace algo más de 6.000 años, en la costa del mar Negro, en la actual Bulgaria, vivía una comunidad de agricultores. Se supone que próspera porque en su necrópolis se ha encontrado uno de los más antiguos tesoros del mundo. Y también de los más grandes: sus doscientas sesenta y cuatro tumbas guardaban un espléndido ajuar formado por objetos de piedra, de cerámica, de cobre y de oro. En una de ellas reposaba el esqueleto de un hombre prácticamente cubierto de joyas: collares, brazaletes, placas, y hasta una funda para el pene.

Los primeros trabajos realizados con metales eran adornos bellamente trabajados. ¿Qué impulsaba a los hombres a buscar, extraer de la tierra y trabajar concienzudamente —batir, moldear, grabar y pulir— el metal; en resumidas cuentas, a emplear tanto tiempo y esfuerzo en obtener algo que no tenía una utilidad inmediata?

Es posible que el inicio de la metalurgia esté relacionado con cuestiones de prestigio o identidad. En cualquier caso, más adelante sí se obtuvo un beneficio práctico de los metales cuando

se empezaron a fabricar con ellos herramientas y armas. Los útiles de metal tenían una serie de ventajas sobre los tradicionales de piedra o hueso: eran maleables, no se rompían fácilmente (pero cuando lo hacían se podían reparar soldando las piezas), tenían buenos filos que, además, se podían avivar fácilmente cuando se embotaban y cuando se rompían se podían reciclar volviéndolos a fundir. Por tanto, la búsqueda y explotación de las minas y la metalurgia se convirtieron rápidamente en uno de los objetivos prioritarios de los distintos grupos humanos.

La metalurgia del cobre empezó, como el Neolítico, en el gran arco que forman el área Sirio-Palestina, Anatolia, Iraq, Irán y Afganistán. Posiblemente, a la vez se desarrollara otro foco en la Europa balcánica.

Hace unos 4.500 años, la generalización del uso de la mezcla (aleación) del cobre con el estaño supuso un cambio significativo en el uso de los metales. El bronce resultó ser mucho más resistente, de forma que se empezó a producir a gran escala para fabricar armas y aperos agrícolas (arados de madera forrados de láminas de bronce y hoces).

A partir de entonces se van desarrollando sociedades con una marcada tendencia a la concentración del poder. Nacen las primeras entidades estatales.

En aquel tiempo, hace poco menos de 4000 años, en la isla de Creta se levantaron magníficos palacios que funcionaban como almacenes y centros administrativos y ceremoniales. Desde el

palacio se controlaba una potente red comercial que distribuía los objetos de lujo que producían los artesanos locales. La próspera cultura minoica fue una de las más notables y originales de su época; pulpos, delfines, flores, pájaros, animales mitológicos o bailarinas, pintados con alegres colores, decoran las paredes de sus palacios o sus cerámicas. Sus esculturas y joyas son auténticas obras de arte. Este mundo alegre, hedonista y rico duró más de mil años.

El modelo social cretense no era el habitual en la época, sino los distintos estados —o protoestados— fuertemente jerarquizados y militarizados que luchaban por el control de las materias primas y las redes comerciales. Uno de ellos —Micenas—, surgido en la península del Peloponeso, acabó hace 3200 años con el mundo minoico.

Por cuestiones técnicas, el hierro —a pesar de ser el metal más abundante conocido entonces— tardó mucho en ser utilizado. El problema estribaba en que al estar los componentes de sus minerales unidos muy firmemente, el calor que hace falta para separarlos es mucho mayor.

Durante muchísimo tiempo la madera fue la principal fuente de energía, pero llegó un momento en el que como cada vez era más escasa se empezaron a utilizar otros combustibles con mayor poder calorífico.

Así, un nuevo cambio en la relación de la humanidad con la Tierra, tan importante como el que en su momento supuso el Neolítico, se inicia hace solo unos doscientos años.

Combustibles fósiles

Un combustible es un material capaz de liberar energía calorífica cuando se quema. Cuanto más calor desprenda por unidad de peso o volumen —es decir, cuanto mayor sea su poder calorífico—, más rentable será.

La madera proporciona bastante calor al quemarse, pero hay materiales que generan mucho más, como por ejemplo el carbón, el petróleo y el gas natural (los llamados combustibles fósiles).

Se les llama combustibles fósiles porque su formación está relacionada con procesos geológicos que favorecieron la acumulación y transformación de restos de seres vivos en el interior de la Tierra.

El carbón se forma a partir de grandes masas vegetales que, al quedar enterradas, sufren la acción de bacterias anaerobias que transforman las moléculas orgánicas que forman los troncos y las hojas en carbono y gases como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄).

Los carbones que se extraen en la actualidad se han formado, principalmente, a partir de los grandes bosques de pteridofitas (helechos y afines) del periodo Carbonífero de la Era Primaria, y de los bosques de coníferas del Mesozoico. El petróleo y el gas natural se forman principalmente a partir de grandes masas de

fitoplancton acumuladas y enterradas a unos doscientos metros de profundidad.

La extracción del carbón —el primero de los combustibles fósiles explotados— resultaba bastante cara, pero a principios del siglo XVIII un ingeniero inglés —Newcomen— dio con la manera de abaratar costes. Diseñó una máquina de vapor para evacuar el agua que se filtraba en las galerías, uno de los principales problemas de las minas.

Cuando, a finales de siglo, James Watt presentó un modelo mucho más eficaz, la revolución industrial se puso en marcha y comenzó la sustitución del trabajo de los animales por el de las máquinas alimentadas por carbón. Las máquinas dispararon el consumo de combustible.

El vapor, y por lo tanto el carbón, cambiaron el mundo y la vida de las personas. Como los artesanos no podían comprar las grandes máquinas, surgieron las fábricas, en las que se concentraban ingentes cantidades de obreros asalariados. El mundo del transporte también cambió para siempre con la aparición de embarcaciones movidas por motores y, sobre todo, con los trenes arrastrados por locomotoras de vapor.

Columnas de humo procedentes de la combustión del carbón que alimentaba las máquinas surgían por doquier.

Un puré de guisantes letal

Jack el Destripador, los asesinos que persigue Sherlock Holmes y los desposeídos de las novelas de Charles Dickens se ocultan en el submundo londinense originado por el smog (mezcla de niebla más contaminación que, debido a su color, popularmente se denominó «puré de guisantes»).

Las características geográficas de Londres la hacen muy propensa a las nieblas pero cuando estas nieblas se espesaron con las emisiones de las chimeneas de fábricas y calefacciones domésticas, la situación se hizo realmente crítica.

Entre el 5 y el 9 de diciembre de 1952 la niebla, el smog, mató a 4000 personas; en los días siguientes murieron otras 8000 más. El smog también invadía el interior de los edificios y cuentan las crónicas que en los cines se avisaba de que la visibilidad solo alcanzaba hasta la cuarta fila.

La llamada «niebla asesina» fue el detonante para que, por fin, el Parlamento tomara cartas en el asunto y acabase adoptando medidas legales para acabar con ella y en 1956 y en 1968 se dictan las Clear Air Act (leyes de aire limpio). En la actualidad las nieblas continúan cayendo sobre la ciudad pero, afortunadamente, el puré de guisantes es historia.

Algo similar sigue ocurriendo en la actualidad pero en otras ciudades, lo que cambia es la composición de los gases emitidos. China parece llevarse la palma, dado que dieciséis de las veinte ciudades más contaminadas del mundo, están allí.

Las industrias surgidas en el siglo XIX, extractivas, siderúrgicas, químicas o de construcciones mecánicas pesadas, requerían enormes cantidades de materias primas. Y con la irrupción de un nuevo protagonista, el petróleo, se dio otro salto en el expolio de la Tierra. Aunque ya era conocido en la Antigüedad, el comienzo de su explotación y consumo a gran escala se remonta a mediados del siglo XIX. La destilación del queroseno y su uso para la iluminación y la invención de los motores de explosión, fundamentalmente dedicados a la automoción, dispararon la búsqueda de pozos de petróleo. Los pioneros fueron Estados Unidos, pero a finales del siglo XIX Rusia comienza también a explotar los pozos de la zona de Bakú. Ya en el siglo XX se empieza a encontrar petróleo en el Oriente Próximo: en 1908 en el noroeste de Irán, en 1932 en Bahrain y en 1938 en Arabia Saudí, que se convirtió entonces en la mayor fuente mundial de crudo.

El control de las zonas petrolíferas ha provocado diversos conflictos bélicos desde la Segunda Guerra Mundial hasta la actualidad. El uso desmesurado de este recurso ha provocado que, según los cálculos más generalizados, se piense que solo quedan reservas para unos pocos años; Estados Unidos y China son, con diferencia, los mayores consumidores. El peligro de quedarse sin este recurso ha provocado que se busquen otros tipos de hidrocarburos, como los bitúmenes, y las mayores reservas se han encontrado en Venezuela.

Pero no son los conflictos bélicos los únicos problemas que ha provocado la explotación de este combustible. El petróleo es

insoluble en agua y, por lo tanto, difícil de limpiar, y su combustión produce partículas como CO₂ y óxidos de azufre y nitrosos que son altamente contaminantes y aceleran el calentamiento climático. Los responsables políticos son conscientes de este tremendo problema, pero para paliarlo tendrían que reducir la producción y, por lo tanto, el consumo. No es una buena noticia y, de momento, no encuentran la forma de enfrentarse a esta grave coyuntura.

Al agotamiento de los recursos naturales que la Tierra ha tardado millones de años en producir, se suma la constatación de que los residuos derivados de la actividad fabril están modificando la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la litosfera.

Capítulo 20

Cada vez más juntos

El mundo siempre ha estado desigualmente poblado, pero este desequilibrio se ha ido acrecentando progresivamente desde el comienzo de la sedentarización que generó la aparición de la agricultura y, sobre todo, desde el comienzo de las grandes civilizaciones. En la actualidad más de la mitad de los aproximadamente 7500 millones de habitantes de la Tierra vive en ciudades.

Aunque actualmente se define la ciudad como una aglomeración densa, numerosa y diferenciada, organizada para la vida colectiva, cuya población no se dedica mayoritariamente a la agricultura, su origen está relacionado directamente con las necesidades agrícolas.

La ciudad colmena

Una de las más antiguas conocidas, Çatal Hüyük, se ha encontrado en el sur de la península de Anatolia. En ella, hace más de 8000 años, vivieron entre cinco mil y 10 000 personas en edificios contruidos en adobe y madera, adosados unos a otros y a los que se accedía por el tejado. Prácticamente no tenía calles, ni plazas, ni espacios comunes, de tal modo que la ciudad formaba una masa compacta. Se atribuye a este original urbanismo un propósito defensivo.

Repartidos por la ciudad aparecen cuarenta edificios —más bien habitaciones—, a los que se les supone una función religiosa,

decorados con bucráneos (ornamentos con forma de cabeza de buey), cuernos de bóvidos colocados en hileras, recipientes con forma de senos femeninos realizados en arcilla (que contenían mandíbulas de jabalíes o cráneos de buitres en su interior) o representaciones de mujeres en posición de dar a luz. La figura de una mujer sedente, flanqueada por leopardos, se interpreta como una diosa madre. Para muchos autores es en esos momentos cuando surge una nueva relación con la Tierra, que se convierte en madre; hay, por tanto, que honrarla para que siga renovando y manteniendo los ciclos de la vida. Este tipo de deidades, que se relacionan con la fertilidad, serán recurrentes en todas las culturas circunmediterráneas a lo largo de los siguientes milenios. También se han encontrado estatuillas femeninas en los silos de cereales, que podrían servir como protectoras del grano. Numerosas pinturas decoran las paredes; en una, muy interesante, se muestra un plano de la ciudad con un volcán en erupción al fondo, posiblemente el Hasan Däg. Además de las actividades agrícolas y ganaderas, en la ciudad tenían un comercio floreciente; exportaban obsidiana —una roca volcánica de textura vítrea muy apreciada tanto por su belleza como por los inmejorables filos que proporciona—, que extraían de los volcanes del entorno, y obtenían a cambio conchas del Mediterráneo y pedernal de Siria. También producían excelentes tejidos —se han encontrado sellos para estampar las telas— que han llegado hasta la actualidad gracias al clima seco de la región.

En general las primeras ciudades están vinculadas a zonas relativamente áridas y surcadas por grandes ríos, en las que el control de sus caudales exige una abundante mano de obra que mantenga los sistemas de drenaje y canalización de agua. Como contrapartida, para alimentar a esa numerosa población hacía falta obtener una producción agrícola lo suficientemente copiosa como para que dejase excedentes abundantes para repartir. Así surgen magníficas ciudades en Mesopotamia, Egipto, Valle del Indo, China o Mesoamérica.

Su urbanismo responde a las nuevas necesidades; por tanto, la organización y ordenación de estas ciudades reflejan de manera fiel una estructura social fuertemente jerarquizada. Palacios y templos forman su centro neurálgico, y a partir de ellos se dispone el resto de la ciudad. El poder suele estar vinculado al control de la naturaleza; reyes y sacerdotes, como interlocutores con las fuerzas sobrenaturales, son los responsables de la correcta sucesión de los ciclos de la naturaleza, de las buenas cosechas, de la llegada de las crecidas y de su adecuada administración. Los centros palaciegos tenían, entre otras misiones, la de almacenar los excedentes alimentarios y la de distribuirlos posteriormente.

La función de las ciudades de almacenar grano para distribuirlo entre la población en momentos de carestía alcanzó sus más altas cotas en Roma. Allí la plebe acabó siendo alimentada por el propio Estado, que repartía, primero a bajo precio y más tarde gratuitamente, la *annona* o reserva de cereal que se guardaba en los graneros públicos.

La protección del aprovisionamiento se representaba con la figura de una mujer que sostenía una o dos espigas en las manos; normalmente era la diosa de la agricultura, Ceres (la Deméter griega). El alto coste de esta institución acabaría acarreando graves problemas a la ciudad.

Esta necesidad de llevar el control, la contabilidad y la administración de los recursos agrícolas —y también comerciales— fue el origen de uno de los grandes logros de la humanidad, que le abrió perspectivas inimaginables: la escritura. En el templo de la ciudad de Uruk, en Mesopotamia, se han encontrado los primeros vestigios, que tienen una antigüedad de entre 5.500 y 5.300 años.

La escritura

No fue el sumerio el único pueblo en crear un sistema de escritura. Aproximadamente en las mismas fechas también lo hicieron los egipcios y, en líneas generales, todas aquellas culturas que adoptaron una organización compleja.

En el norte de China se han encontrado caparazones de tortuga con inscripciones datadas en casi 8000 años de antigüedad, aunque se considera que, por su simplicidad, se trata todavía de una proto-escritura. Ya en el tiempo de la dinastía Shang, hace 3.600 años, se pintaron y grabaron cientos de miles de huesos oraculares —en su mayor parte escápulas de bóvidos y caparazones de tortugas— con inscripciones que registran rituales adivinatorios. Una ingente cantidad de ellos desapareció pulverizada en los morteros de los médicos cuando,

posteriormente, estos «huesos de dragón» se utilizaron como remedio para curar diversas enfermedades. En esa época también se escribía sobre objetos de bronce y así nos han llegado los primeros testimonios de su historia.

En Mesoamérica la cultura maya desarrolló una escritura madura en la que han quedado reflejados registros dinásticos, guerras, alianzas políticas y creencias religiosas. Estas primeras escrituras eran básicamente logográficas —en las que a cada palabra corresponde un grafema—, aunque se conocen más comúnmente como jeroglíficas. Al asociarse los signos a palabras, no a sonidos, pueden ser utilizados por diversas lenguas. Así, la escritura china fue adoptada en Japón, Corea y Vietnam; o la cuneiforme de Mesopotamia por otros pueblos del entorno como acadios, elamitas, hititas y luvitas. Por otra parte, la gran cantidad de signos que requería este sistema hacía muy difícil su aprendizaje, de tal forma que solo una minoría tenía acceso a ella. Poco a poco se fueron introduciendo modificaciones para simplificar el proceso, pero el gran cambio vino de manos de los fenicios, que, a partir de la escritura cuneiforme o de la egipcia, construyeron un alfabeto —en el que los grafemas ya no representaban palabras, sino sonidos— hace algo más de 3000 años.

La reducción del número de signos a tan solo veintidós supuso una ventaja tan grande que prácticamente todas las escrituras modernas —salvo las asiáticas orientales— proceden del alfabeto fenicio.

Uruk llegó a ser la ciudad más grande de su tiempo, se calcula que hace unos cinco mil años tendría no menos de 50.000 habitantes, en su mayoría campesinos. Como el resto de las ciudades-estado mesopotámicas, estaba regida por un *rey-sacerdote* —representante de los dioses en la Tierra— apoyado en una nutrida red de funcionarios que llevaban cuenta de la producción de alimentos, el almacenaje de excedentes, su custodia y posterior reparto entre los campesinos, así como de los trabajos comunales que estos tenían que realizar en la construcción de infraestructuras de riego y edificios públicos. Además, creó una extensa red comercial a través de la cual, a cambio de sus productos agrícolas, se abastecía de madera, metales o piedras semipreciosas, de las que era deficitaria. El río Tigris era el corazón de la civilización sumeria, ya que no solo proporcionaba el agua que necesitaban para regar sus campos, sino que también por él navegaban grandes balsas con flotadores de piel cargadas de mercaderías.

Perdió Uruk su preeminencia mil años después, a favor de Babilonia, que también tuvo una azarosa vida política. En ella reinaron reyes tan famosos como Hammurabi —del que nos ha llegado el primer código penal completo— o Nabucodonosor II, artífice de su embellecimiento. Dijo de ella el geógrafo griego Heródoto, del siglo V antes de nuestra era, que «sus obras de fortificación y ornato son las más perfectas de cuantas ciudades conocemos». Esta elogiosísima descripción se corrobora al ver las trazas de su planta o su grandiosa puerta de Istar, una de las ocho

que se abrían en la muralla que rodeaba la ciudad, cubierta de ladrillos vidriados en vivos colores (azul lapislázuli para un fondo sobre el que destacan figuras de animales en tonos dorados). Aunque a tenor de los trabajos arqueológicos posteriores Heródoto parece exagerar en cuanto a sus dimensiones, con relación a su belleza formal su descripción resulta absolutamente merecida. De esta opinión también fue Alejandro Magno, quien, cuando la conquistó en el año 331 a. C. en la famosa batalla de Gaugamela, ordenó que fuera respetada. Y allí, en el palacio de Nabucodonosor, fue donde murió. A partir de entonces la ciudad entró en franca decadencia; aun así, más de ciento cincuenta años después, el también geógrafo griego Pausanias seguía manteniendo que «fue la mayor ciudad que el sol iluminó nunca sobre la Tierra».

El río Indo nace en el Tíbet y recoge a su paso el agua de la cordillera del Himalaya. El deshielo en la primavera provoca grandes inundaciones que depositan fértiles sedimentos en la zona media y baja de su curso. Gracias a su inmenso potencial agrícola, en el valle del Indo, hace unos 4500 años se construyeron una serie de ciudades bien planeadas, que mantenían un activo comercio entre ellas y con las ciudades-estados de Mesopotamia. La mejor conservada, Mohenjo-Daro, estaba rodeada por una muralla y tenía un dique de protección contra las aguas del Indo. Dominaba la ciudad una acrópolis en la que se ubicaban los edificios públicos y la gran piscina ritual de doce metros de largo por siete de ancho y casi dos y medio de profundidad, rodeada de columnas. En la ciudad baja estaban los barrios residenciales y de artesanos; una

calle principal pavimentada, de nueve metros y medio de ancho, la atravesaba de norte a sur y a ella se abrían los edificios más importantes. Las casas estaban construidas en adobe y ladrillo, con las habitaciones dispuestas alrededor de uno o más patios; también contaban con un sistema de alcantarillado subterráneo sin paralelo en su época, y algunas hasta tenían agua corriente.

La planta en retícula de esta ciudad es un caso excepcional en esa época, y aun mucho tiempo después; lo habitual sigue siendo la anarquía constructiva y la ausencia de infraestructuras.

El origen del imperio chino también se basa en el control de las aguas. Los complejos palaciegos funcionaban como centros de almacenaje y distribución de víveres y sus príncipes tenían como misión fundar ciudades y mediar ante los dioses por medio de oraciones y sacrificios para propiciar las buenas cosechas.

Real o mitológico, Yu el Grande fundó la primera dinastía china hace poco más de 4000 años. Cuenta la tradición que sustituyó a su padre para encargarse de la construcción de canales —cuando este fue ejecutado por fracasar en la misión— y resultó ser tan eficaz que el gobernante que lo había designado lo nombró su heredero. Se dice de él que dominó las aguas haciendo que fluyeran por grandes canales y que enseñó a los hombres a controlar las inundaciones. Cuentan las crónicas que durante la mítica dinastía Xia el ritmo de creación de ciudades fue frenético, aunque la etapa urbana propiamente dicha corresponde a la siguiente dinastía, la Shang. Sus reyes construyeron una serie de capitales a lo largo de la cuenca del río Amarillo. De la más antigua, Erligang, quedan

restos de los altos muros que la rodeaban y de los artículos de hueso, cerámica y bronce que producían los artesanos en los talleres que se extendían extramuros. De la ciudad de Yin, capital de la dinastía Shang hace unos 3.300 años, quedan restos del palacio, del área de los templos de los ancestros y de una tumba de un miembro de la familia real con muy ricas ofrendas y más de 20.000 huesos oraculares.

En la América precolombina también surgieron civilizaciones urbanas como la olmeca, la zapoteca, la teotihuacana o la azteca. Pero de todas ellas la más conocida y la más brillante para muchos investigadores fue la maya.

La cultura maya tiene una serie de peculiaridades con respecto a las demás culturas urbanas. No trabajó los metales, ni usó la rueda, pero sobre todo se desarrolló en la selva y sus campesinos no estaban desarraigados, ya que seguían teniendo sus propios campos. Los mayas mantenían un sistema agrícola doble: por un lado, los campesinos practicaban el sistema de roza y quema en pequeños campos itinerantes en los que plantaban maíz, chiles, frijoles o calabazas, destinados tanto al sustento familiar como al pago de tributos; por otro, los mismos campesinos tenían que trabajar en parcelas dedicadas a una agricultura intensiva en las que se cultivaba el alimento de las clases dirigentes y los productos comerciales como el cacao, tabaco, vainilla, hule, chicle, algodón o copal, un árbol que produce una resina que se utilizaba —a modo de incienso— en las ceremonias religiosas.

Los campesinos también tenían que trabajar en la construcción de los edificios públicos y en las infraestructuras agrícolas que precisaba la agricultura intensiva, como canales, sistemas de drenaje o terrazas.

Toda esta organización se controlaba desde la ciudad, sede de un poder político fuertemente vinculado a la religión. El rey-sacerdote ejercía un poder absoluto basado en la convicción de ser el garante de las buenas cosechas (dirigía ceremonias de fertilidad en las que oficiaba esparciendo semillas) y del orden cósmico a través de su conexión con los antepasados (se comunicaba con ellos mediante estados de trance propiciados por ayunos, sangrías o ingestión de drogas). Seguramente ayudaría mucho a los gobernantes el miedo de los campesinos a las represalias de sus vengativos dioses. Sirva como ejemplo el relato recogido en el Popol Vuh, libro que recopila la cosmogonía y tradiciones mayas, en el que se cuenta lo que les ocurrió a los primeros hombres por no honrar a su Creador:

Y por esta razón fueron muertos, fueron anegados. Una resina abundante vino del cielo. El llamado Xecotcovach llegó y les vació los ojos; Camalotz vino a cortarles la cabeza; y vino Cotzbalam y les devoró las carnes. El Tucumbalam llegó también y les quebró y magulló los huesos y los nervios, les molió y desmoronó los huesos.

Otra constante en las primeras culturas urbanas es el interés por disciplinas como la astronomía o el cómputo del tiempo, tan necesarias para el correcto desarrollo de las prácticas agrícolas. Los

calendarios realizados por sumerios, babilonios, egipcios o mayas son de una precisión sorprendente.

El comercio también impulsó el crecimiento de importantes ciudades, ya en puertos como las fenicias Biblos, Tiro, Sidón, Cartago o Cádiz, ya en puntos estratégicos de las rutas caravaneras como las míticas Damasco o Samarcanda en la ruta de la seda.

Estas primeras ciudades tenían un entorno próximo que proveía sus necesidades, situación que se mantuvo en líneas generales hasta la revolución industrial.

Hace doscientos años, la industrialización propició el crecimiento imparable de las ciudades; a finales del siglo XVIII solo Pekín y Londres rondaban el millón de habitantes mientras que en la actualidad una centena de ellas superan los cinco millones. Evidentemente, las exigencias de abastecimiento han llegado a ser tales que tienen que depender de una amplísima y compleja red de comercio.

En muchos casos la expansión ha sido tan grande que los límites de unas ciudades se han ido fundiendo con las de su entorno, de forma que ya no se puede hablar de ciudades, sino de megalópolis o conurbaciones. La más populosa de todas es Tokio, o más bien la aglomeración de Keihin —formada por Tokio, Yokohama y Kawasaki—, que se acerca a los treinta y seis millones de habitantes. Tokio tenía en 1895 medio millón de habitantes y cien años después alcanzaba los treinta millones, a pesar de la voluntad del gobierno de frenar esta tendencia —desde los años setenta— y potenciar el crecimiento urbano en otras áreas. La despoblación del

campo, la pérdida de terrazgo agrícola y el aumento de población han tenido como consecuencia que, en Japón, el grado de autoabastecimiento en productos agrícolas haya descendido en un 40 por ciento y que, por tanto, la mitad de los alimentos que necesita su población dependa del comercio exterior.

Las ciudades africanas se cuentan entre las de mayor tasa de crecimiento del mundo, que responde sobre todo al éxodo rural pero también a una elevada tasa de natalidad y al descenso de la mortalidad, aunque la media de la esperanza de vida no llega a los cincuenta años de edad. Si a esta coyuntura se le añade la inestabilidad política y la fragilidad económica endémicas, el resultado es que las ciudades crecen sin planificación, incapaces de asimilar este vertiginoso desarrollo, de manera que buena parte de la población se agolpa en barrios marginales sin infraestructuras, servicios ni trabajo.

Un buen ejemplo de esta situación es la antigua capital de Nigeria, Lagos, la segunda ciudad más poblada de África después de El Cairo. Esta ciudad portuaria fue acaparando también a su alrededor buena parte de la actividad industrial y de servicios. Así, en cincuenta años aumentó su población en nueve millones de habitantes, al pasar de los escasos trescientos mil en 1950 a los nueve millones y medio en 2007. En 2015 ya habían sobrepasado los 13 millones de habitantes.

Para atajar este crecimiento desmedido a finales de los años setenta del siglo XX el gobierno tomó la decisión de trasladar la capitalidad del país a una nueva ciudad, Abuya, creada *ex novo* en el centro de

su territorio. Con esta decisión también se pretendía solventar un grave problema político. La diversidad de pueblos que conviven en Nigeria ha sido fuente de sucesivos conflictos —fue tristemente famosa, a finales de los años sesenta del siglo XX, la cruenta guerra de secesión de Biafra—, pero quizás la confrontación de fondo más importante es la que existe entre los hausa-fulani (pastores y musulmanes del norte) con los yoruba (agricultores y cristianos del sur). Queda por ver si Abuya responderá a tantas expectativas.

El crecimiento de las ciudades parece, pues, imparable; sin embargo, se observa una tendencia de cambio regional hacia las zonas menos desarrolladas, vinculada a sus altas tasas de crecimiento de población y al traslado a ellas de ciertas industrias para abaratar costes de producción. En 1950 Nueva York era la ciudad más grande del mundo, seguida por Tokio y Londres. En el año 2000 Tokio había pasado a ser la más poblada, seguida esta vez por Ciudad de México y São Paulo. Según los datos más recientes, la ciudad (conurbación) más grande del mundo sigue siendo Tokio y parece ser que las que ocupan puestos más altos están en Asia, concretamente en China (Guangzhou —antiguo Cantón— y Shanghái), India (Nueva Delhi y Mumbai) o Indonesia (Yakarta). Los puertos comerciales, salvo el caso de Nueva Delhi, son los focos de mayor crecimiento

Capítulo 21

¡Cuánta basura!

Ensuciamos mucho los seres humanos. Prácticamente desde el principio, y desde luego cada vez más, no se puede decir de nosotros que no dejemos huella de nuestro paso. Es uno de los rasgos más evidentes que nos diferencian del resto de los seres vivos.

No es que los demás no dejen vestigios tras de sí, pero estos se limitan a sus huesos, caparazones o rastros. Son discretos. No es nuestro caso, la capacidad que tenemos para producir basura parece que puede tender al infinito.

Ya hace cientos de miles de años que las gentes que se refugiaban en cuevas y tallaban y comían en ellas vivían sobre los desechos que generaban. Hace unos 15 000 años, en el Paleolítico superior, un grupo de humanos que vivía en una cueva a la que ahora llamamos La Garma (en Cantabria, España) pintó en ella magníficas representaciones de animales, talló delicadas piezas de arte mueble y dejó el suelo de la cavidad lleno de los restos de su comida y de su trabajo. Resulta un contraste bastante sorprendente.

La situación debió de empeorar con el tiempo, porque los ganaderos de hace unos siete u ocho mil años tuvieron que acabar tomando cartas en el asunto. Así, se han encontrado rediles —también en cuevas— en los que las condiciones debían de ser tan desagradables que periódicamente prendían fuego para limpiar la acumulación de desechos, fundamentalmente formados por las deyecciones de los animales.

Ahora bien, el momento de esplendor de la basura empieza también con la revolución industrial. Desde entonces la gestión de residuos procedentes de la industria y de las aglomeraciones urbanas se ha ido convirtiendo en uno de los problemas más acuciantes y de más difícil solución.

Actualmente se calcula que en un país rico cada persona produce algo más de un kilo de basura al día. En algunas ciudades de Estados Unidos se llega a los tres kilos. Y no hay que olvidar sumar a esto los desechos de la industria.

Aun así, no se puede decir que se haya invertido mucho esfuerzo en la búsqueda de soluciones para la gestión de las basuras (o residuos sólidos urbanos, como se denominan ahora), ya que la opción más generalizada ha sido sacarlas de las ciudades y acumularlas en cualquier parte. De esta manera, se han ido formando vertederos a cielo abierto que han generado toda suerte de problemas. Son muchas las ciudades que se disputan el dudoso honor de tener el basurero más grande, entre otras Nueva York, México Distrito Federal, Calcuta o Bombay. El de Valdemingómez, en la Comunidad de Madrid, a veinte kilómetros de la capital, con más de 200 hectáreas, es uno de los más grandes de Europa.

En esta lista no figura Tokio. El motivo para que la ciudad más populosa del mundo no tenga el basurero más grande es que allí han optado por incinerar sus residuos.

A pesar de que la incineración tiene muchos detractores debido a la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, lo reducido de su territorio ha sido la causa de esta controvertida elección. Japón

genera unos 403 millones de toneladas de residuos al año, de los que de momento solo se recicla un 13,6 por ciento, aunque parece ser que se han propuesto aumentar en lo posible ese porcentaje. Además, en general la población es consciente del problema, de forma que incluso ha surgido un movimiento de voluntarios que, bajo el lema «No desperdicias nada y no tendrás necesidades en el futuro», se dedica a recoger materiales como papel y cartón para su posterior reutilización.

Excepciones aparte, los basureros han alcanzado tales proporciones en todo el mundo que son fuente de graves peligros, entre los que destacan las filtraciones al nivel freático (con la consiguiente contaminación de las aguas que se utilizan para beber y para regar) y las emisiones de gases producidos por la descomposición (que, además de contaminar la atmósfera, pueden estallar y provocar incendios de enormes proporciones).

Los vertederos tienen un tiempo de vida limitado, ya que no pueden sobrepasar unos ciertos límites de carga. Ahora bien, cuando llega el momento de reemplazarlos resulta muy complicado encontrar alternativas, bien por la falta de espacios libres cerca de las ciudades, bien porque no es fácil conseguir que otros ayuntamientos estén dispuestos a alojar en su territorio a tan molestos vecinos.

En 1948 la ciudad de Nueva York, afortunadamente, decidió dejar de arrojar sus residuos al océano y habilitó una zona de marismas como vertedero. Fresh Kills acabaría recibiendo 13.000 toneladas diarias de desechos, de forma que llegó a ser el basurero más

grande del continente. Se le había calculado una vida útil de veinte años, pero tuvieron que pasar cincuenta y tres para que, en el año 2001, gracias a las protestas vecinales y a la intervención de la Agencia de Protección Ambiental, fuese cerrado con la intención de convertirlo en uno de los mayores parques urbanos de Estados Unidos. Lamentablemente, tuvo que ser reabierto poco tiempo después para acoger los restos de las Torres Gemelas después del atentado del 11 de septiembre del mismo año.

Así las cosas, y sobre todo en los países con economías más débiles, lo habitual es que la situación de los vertederos se eternice y acaben convirtiéndose en lugares espectralmente, donde la vida tiene su propio y terrible discursar.

Es el caso de Bordo Poniente, en la ciudad de México. El que no hace mucho tiempo fuera un hermoso lago terminaría convirtiéndose en otro de los basureros «más grandes del mundo», con una extensión de 1.000 hectáreas, de las que una buena parte contenían residuos no reciclables, compactados, que han quedado al aire libre descomponiéndose. Se calcula que emitían diariamente a la atmósfera una cantidad de gases similar a la que produce la combustión de los motores de 10.000 automóviles. Todos los días llegaban a él más de 12.000 toneladas de residuos y, aunque sobrepasó sus límites en 2004, se siguió utilizando porque nadie quería ceder otro espacio para albergar toda esa basura. Finalmente se cerró en diciembre de 2011, aunque se volvió a recurrir a él para tirar los escombros resultantes del gran terremoto de 2017. Debido al exceso de presión que sufre, el suelo corre el serio riesgo de

hundirse; si esto ocurriera, se contaminarían los acuíferos que surten de agua a la capital. La catástrofe entonces sería monumental. En la ciudad de México viven más de 20 millones de personas.

En este basurero, como en los de otras muchas ciudades, se han instalado familias, miles de personas que viven de la «rebusca» en la basura. Recicladores que subsisten en condiciones infrahumanas. Niños, adultos y ancianos recogen cualquier cosa susceptible de valer algo. Un espectáculo francamente desolador. Pero para algunos —muy pocos— representa también un negocio floreciente; ahí tenemos, por ejemplo, el famoso caso del «Rey de la basura», Rafael Gutiérrez Moreno, que consiguió una fortuna recogiendo restos para vender primero y extorsionando después a otros «pepenadores» —así los llaman en México— de Bordo Poniente. Cuando fue asesinado por una de sus esposas, su reino quedó repartido entre la «Zarina de la basura» (otra de las esposas de Gutiérrez), «el Dientón» y «Don Pablo» (Pablo Téllez Falcón, líder del Frente Único de Pepenadores). Una historia de violencia y lucha por el poder digna del mejor culebrón.

Casos similares a este se encuentran en todo el Tercer Mundo o en países con un desarrollo industrial muy acelerado. Habría que destacar quizás algunos en India, Pakistán o China que se han «especializado» en la recuperación de chatarra electrónica. Este tipo de basura produce residuos muy peligrosos; por este motivo, los países ricos se deshacen de ella exportándola a Asia o África, donde miles de personas sobreviven rebuscando en los vertederos los

componentes de ordenadores, teléfonos móviles, televisores y todo tipo de electrodomésticos susceptibles de reciclaje.

No son los basureros los únicos en producir gases contaminantes; las incineradoras también emiten sustancias peligrosas como las dioxinas procedentes de la combustión de pesticidas, plásticos, conservantes o componentes del papel entre otros.

La combustión del carbón y del petróleo envía a la atmósfera óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono (y monóxido de carbono y metano si la combustión es incompleta). Los óxidos de azufre provocan el efecto conocido como «lluvia ácida», que puede llegar a destruir los bosques, tanto porque disminuye la capacidad sustentadora de los suelos como porque directamente quema las hojas y tallos de las plantas. Un informe realizado en 1992 reveló que la quinta parte de los árboles de Europa estaba afectada por ella.

Un aspecto relevante en este asunto es la distribución de las sustancias contaminantes. Como la Tierra no sabe de fronteras, ni muros, las emisiones son repartidas a lo largo de ella por vientos y corrientes marinas. Un par de ejemplos pueden ilustrar esta cuestión: la lluvia ácida que ha afectado gravemente a la cuarta parte de las aguas de los lagos de Suecia procede de las emisiones de las industrias inglesas, y lo mismo ocurre en el caso de los lagos canadienses, contaminados por las industrias de Chicago. De esta manera, se puede dar la triste paradoja de que países poco industrializados, o muy cuidadosos con su medio natural, carguen

con las consecuencias de los productos contaminantes emitidos por otros.

En contra de lo que pueda parecer, la agricultura y la ganadería — en concreto, ciertas prácticas agropecuarias— son altamente contaminantes. La ganadería y los campos de arroz son grandes productores de metano y de óxido de nitrógeno. Puede parecer una exageración, pero la descomposición de la celulosa en el tubo digestivo de los rumiantes, por parte de las bacterias simbiotes que viven allí, genera cantidades enormes de metano. La quema de rastrojo, sabanas o bosques para aumentar la superficie agrícola también produce ozono, que, al quedar atrapado en la troposfera (la capa de la atmósfera más próxima a la Tierra), tiene un potente efecto invernadero.

Así pues, no solo somos capaces de contaminar el suelo, sino también el aire que respiramos y, por supuesto, el agua. Ríos y mares han sido los vertederos tradicionales a lo largo de nuestra historia: basuras, pesticidas, fertilizantes, vertidos industriales, todo va a parar al agua, seguramente porque se tiene la idea de que hay tanta que puede con todo.

No deja de ser curioso, por decirlo de alguna manera, que consideremos que el agua purifica y, sin embargo, echemos en ella todo tipo de residuos. Un caso paradigmático puede ser el del río Ganges, Maa Ganga o Madre Ganges para los hindúes. Las inmersiones en sus sagradas aguas sirven desde hace milenios para quedar limpios de todo pecado. El rito incluye el achaman o ingestión de sus aguas para alcanzar la inmortalidad. Miles de

personas practican a diario sus abluciones en sus muy contaminadas aguas, porque a pesar de ser considerado un río sagrado, en él se vierten todo tipo de residuos, incluidos los restos de los cientos de incineraciones de cadáveres humanos que todos los días se realizan en sus orillas. Así, entre todo tipo de basuras, los fieles siguen buscando la purificación física y espiritual en sus aguas.

El séptimo continente

Mire usted por dónde, ha aparecido, en los últimos años, un «continente» nuevo, como si fuera una «placa» en expansión de la litosfera. Lo llaman el «séptimo continente». Se encuentra situado entre Asia y América del Norte, en el océano Pacífico. Su extensión es todavía modesta para ser un continente (unas tres veces España), pero se duplica a ritmo vertiginoso, desconocido en geología. En pocos decenios, de seguir así, alcanzará una dimensión realmente continental. Lo sorprendente es que esta nueva «placa» no «flota» en el manto, sino en el agua. Y es que no está hecha de granito y otras rocas, sino de ¡plástico! Es una inmensa balsa formada por todos los desechos flotantes que arroja el hombre en ese océano, y que se acumulan en un gigantesco remolino (o vórtice) del Pacífico a la altura de California y por encima de Hawái. Es como un mar de los Sargazos hecho de botellas y bolsas de plástico.

No hace demasiado tiempo que se decía que los mares eran la despensa de la humanidad y que en el futuro nos

alimentaríamos muy bien todos de esa inagotable reserva, y aún sobraría. Pero ya hemos visto que ha ocurrido exactamente lo contrario. Se han destruido las costas, esquilmo los caladeros y casi extinguido las especies que nos dan de comer.

Y es que —contra lo que se piensa generalmente— el mar es sobre todo un desierto, una masa de líquido muy pobre en vida. Solo se desarrollan los ecosistemas, como en oasis, allí donde hay luz —necesaria para la fotosíntesis de los organismos que producen la materia orgánica y forman la base de las pirámides tróficas— y nutrientes. Eso sucede únicamente en el litoral y también en los puntos donde existen afloramientos de aguas que ascienden desde el fondo y van cargadas de sales minerales (nitratos, fosfatos, silicatos) para alimentar al fitoplancton, que vive en la franja superficial iluminada de la columna de agua. Por eso habría que mimar esos oasis, ya que son escasos y frágiles, pese a la inmensidad del mar.

El plástico servirá para que los arqueólogos y paleontólogos del futuro daten los yacimientos de nuestra época —es el «fósil director»—, pero es dudoso que se vayan a exponer trozos de botellas de agua mineral en los museos. Puede que los visitantes, si pertenecen a una sociedad más inteligente que la actual, se pregunten: « ¿Para qué las usaban? ¿No salía por sus grifos agua abundante, clara, barata? Entonces, ¿por qué tomaban el agua de los manantiales de montaña, gastaban materias primas para embotellarla, la transportaban cientos de

kilómetros a lugares donde no era necesaria, y arrojaban luego los envases a sus ríos y a sus mares?».

Hace mucho tiempo que la forma de vida adoptada —o deseada— por la humanidad se basa en el consumo cada vez mayor de todo tipo de productos que se quedan obsoletos rápidamente y hay que renovar. Una tendencia esta que implica una gran depredación de materias primas y una generación de residuos desproporcionada. La atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, la litosfera y la biosfera han sufrido las consecuencias de esta carrera hacia el bienestar. Pero sin aire, sin agua, sin tierra y sin otros seres vivos no podremos sobrevivir.

Capítulo 22

El hombre propone y el cielo dispone

El planeta en el que vivimos tiene una larga historia, una historia de cambio a veces muy lento y a veces más rápido. Los rayos del sol no calientan todo el tiempo de la misma manera, ni el aire que respiramos ha sido siempre igual. Nada es inmutable. Y las tierras se juntaron y se separaron en su baile con los mares, y lo siguen haciendo aunque no seamos conscientes de ello porque su ritmo es tan lento, a escala humana, que solo puede ser percibido con instrumentos de medición muy precisos.

Distintas formas de vida se han sucedido sobre la faz de la Tierra, pero todas las que existieron estaban perfectamente adaptadas a las circunstancias en las que les tocó vivir, y cuando dejaron de estarlo desaparecieron.

Los humanos de nuestra especie no llevamos mucho tiempo sobre la Tierra, pero en estos escasos doscientos mil años también hemos tenido que superar no pocos cambios (alguno de ellos tremendo, como el de la última glaciación). Nuestra estrategia para sobrevivir en los últimos 10.000 o 12.000 mil años ha sido la de modificar el medio a nuestra conveniencia. Como especie hemos ido saliendo más que airosos hasta el momento, pero han sido muchos los grupos, las culturas o civilizaciones enteras que han perecido en el intento.

Para muchos historiadores los cambios climáticos actuaron como detonantes de hechos fundamentales en la historia de la

Humanidad. Esta afirmación provoca a otros tantos investigadores un fuerte rechazo. Y en realidad ambos encuentran sobrados ejemplos para justificar sus argumentaciones. Y es que la historia, el comportamiento de distintos grupos humanos y la interacción entre ellos y con el medio en el que están inmersos constituyen un sistema tan complejo que es difícilmente abarcable. Y además resulta imprevisible, porque cualquier mínima variación en alguno de sus elementos puede modificar las interrelaciones y, por lo tanto, el comportamiento de todo el sistema.

Durante mucho tiempo la supervivencia de los grupos humanos estuvo vinculada a la movilidad. Cuando la comida escaseaba en su zona de campeo, marchaban en busca de otros lugares con mejores condiciones. Al empezar a cultivar la tierra se restringió la movilidad y, en consecuencia, se redujo la capacidad de responder rápidamente a las situaciones adversas. Al asentarse en ciudades acrecentaron más el umbral de vulnerabilidad.

Envidia del mundo sus reliquias bellas

Se suelen llamar óptimos climáticos a las épocas en las que las temperaturas son más altas. Uno de ellos se produjo entre el año 300 a. C. y el 300 d. C., en los años de esplendor del mundo romano. Y no fue coincidencia, ya que, según Brian Fagan (que ha dedicado numerosas publicaciones a esta cuestión de la influencia de los cambios climáticos en la dinámica de las civilizaciones), este calentamiento favoreció la ampliación de la zona propicia al tipo de economía romana, «subiendo» la frontera

entre la zona mediterránea y la continental hacia el norte. Esta civilización se estableció así desde la cuenca del Mediterráneo hasta Gran Bretaña y los territorios situados al oeste y al sur de los ríos Rin y Danubio.

El Imperio romano se mantuvo gracias a una formidable organización que se basaba en un poderoso ejército, una cuidada red de comunicaciones y una eficaz agricultura que proveía los graneros de abundantes excedentes de cereales con que alimentar a los ejércitos y a la población urbana. En el siglo IV los problemas políticos se vieron agravados por un empeoramiento climático. La suma de ambas circunstancias acabó con una de las organizaciones políticas más poderosas que han existido. A pesar de lo sofisticado de su civilización, la base estaba en la agricultura y, al disminuir la producción, el sistema fracasó.

En los últimos años el fantasma del cambio climático se cierne sobre nosotros, pero no es una novedad porque en realidad el clima siempre está cambiando en mayor o menor medida. Ahora bien, la preocupación que suscita es perfectamente razonable porque hasta las modificaciones pequeñas —si se mantienen un cierto tiempo— tienen consecuencias en los seres vivos, y por tanto, en los grupos humanos. Analizar el pasado —el éxito de unos pueblos y el fracaso de otros ante los cambios naturales— nos puede ser muy útil a la hora de elaborar estrategias para ajustarnos a las nuevas circunstancias que sin duda se nos avecinan.

El último periodo cálido, antes del que estamos viviendo, empezó en el año 900 y duró unos cuatrocientos años aproximadamente. Ese tiempo se conoce como «óptimo climático medieval». Entonces la temperatura global de la Tierra ascendió ligeramente. No fue un gran cambio (estamos hablando en líneas generales de poco más de un grado centígrado), pero tuvo importantes consecuencias de muy distinto signo en las diferentes partes del mundo: unas se vieron beneficiadas y otras, perjudicadas. Este es un dato muy importante porque tradicionalmente esta época había sido considerada de bonanza económica, pero solo fue así para Europa, y en especial para el norte de Europa.

Mientras tanto, otras partes del mundo sufrieron sequías muy duras. El caso de los mayas puede ser muy interesante. Ya hemos visto que las tierras en las que se desarrolló su civilización tenían una serie de inconvenientes, como la escasez de suelos y un clima muy variable con alternancia de sequías y lluvias torrenciales.

Precisamente fue el intento de hacer frente a esas circunstancias el que propició la creación de infraestructuras de gran complejidad que requirieron de un sistema social y político muy estructurado. Durante unos cientos de años el sistema funcionó muy bien y los elevados rendimientos de la agricultura permitieron que la población cada vez fuese más numerosa. Y así fueron expandiéndose y ocupando tierras más difíciles de cultivar; paralelamente, las ciudades aumentaban su tamaño —y su poder— y crecía la población urbana a la que alimentar. Y lo que ocurrió fue que, cuando en el año 800 empezó un largo periodo de sequía, su

población era tan elevada para el territorio del que disponían, que habían sobrepasado el umbral crítico de vulnerabilidad y su mundo se vino abajo. Las ciudades se abandonaron, la vegetación cubrió edificios que habían sido contruidos para durar una eternidad, el sol dejó de recorrer los magníficos relieves y las historias que contaban se perdieron. Así fue como la selva recuperó los territorios que le habían sido arrebatados.

Se ha debatido mucho sobre las causas de este final. No cabe duda de que hubo graves problemas políticos, como guerras entre las distintas ciudades-estado o rebelión contra el poder abusivo de los reyes-sacerdotes. Ahora bien, de lo que tampoco cabe duda es que las condiciones climáticas fueron adversas. En los últimos años se han encontrado pruebas suficientes en los testigos de sedimentos extraídos de los lagos del Yucatán o del mar Caribe como para poder confirmar que hacia el siglo IX comenzó un largo periodo de sequía.

Es mucha la información que se puede obtener de los sedimentos que se han ido depositando bajo las aguas. En el caso de los lagos, cuando los sedimentos son ricos en yeso, sabemos que el tiempo en el que este se acumuló era escaso en precipitaciones (porque este mineral se forma bajo condiciones de aridez); y cuando son ricos en calcita sabemos que se trata de un momento húmedo. En el caso de los sedimentos marinos se mide la concentración de titanio, mucho más abundante en periodos húmedos que en los secos.

Sin embargo, el calentamiento medieval fue bueno para Europa porque alargó los veranos y suavizó los inviernos, y ese clima más benigno favoreció el desarrollo de la agricultura. Fue, por tanto, un

tiempo de bonanza económica que impulsó el desarrollo de los pueblos del norte.

El primer eslogan turístico

Groenlandia no es el lugar más recomendable para dedicarse a cultivar los campos ni a pastorear ovejas, cabras, caballos y vacas. Porque pese a que el nombre que le pusieron (para atraer colonos) significa «tierra verde», y a que se está elevando la temperatura del planeta en las últimas décadas (con cierto retroceso de los glaciares), un grueso escudo de hielo ocupa la mayor parte de la isla. Quedan algunas tierras libres en el corto verano, pero no se ven árboles. Solo los esquimales, hasta hace poco cazadores y pescadores de vida errante, pueden defenderse aquí.

Sin embargo, desde finales del siglo X hasta las últimas décadas del siglo XV, hubo colonos vikingos en Groenlandia, que araban la tierra para sembrar y criaban ganado. Fue Erik el Rojo, desterrado por un homicidio, y sus compañeros islandeses quienes hacia el año 983 desembarcaron en Groenlandia, donde ya vivían los esquimales o inuit. No estaban tan lejos en realidad de Islandia, unos cientos de kilómetros, y los drakar vikingos eran excelentes para la navegación en aquellas frías, grises y tormentosas aguas. Los normandos de Groenlandia establecieron dos asentamientos en la parte meridional de la isla. Nunca pasaron de cinco mil habitantes en total.

El siglo X y los siguientes fueron cálidos, con un clima más o menos como el actual, y los colonizadores normandos se aprovecharon de ello para obtener a duras penas unas menguadas cosechas de cebada (¡hasta latitudes tan altas como los 70° N!) y criar algunos animales, sobre todo ovejas y vacas. También se fueron haciendo —con el tiempo— pescadores y cazadores de mamíferos marinos. A pesar de ello, dependían para la mayor parte de los vestidos, utensilios y accesorios domésticos de la metrópoli noruega.

Con todo, llevaban una vida de corte occidental, con sus iglesias de piedra (sencillos caserones), sus comunidades monacales y sus obispos con báculo de marfil de diente de morsa. De la iglesia de Hvalsey, donde hay constancia documental de una boda celebrada a principios del siglo XV, todavía se conservan los muros, en la orilla de un fiordo pelado. Por allí vivieron algunos miles de personas, con niños rubios que habían nacido en Groenlandia y ancianos que no conocían otras tierras (solo sabían lo que les contaban los párrocos y los navegantes que llegaban al fiordo a comerciar). La pareja que se casó en Hvalsey en 1408, por cierto, se fue dos años más tarde a vivir a Islandia, y esta es la última noticia escrita que se tiene de los normandos en Groenlandia.

En el siglo XIV empezó a enfriarse el planeta, en una racha que duró hasta el XIX y que se ha dado en llamar Pequeña Edad del Hielo (aunque estaría mejor traducido el término como Pequeña Glaciación). Ese factor, el deterioro climático, pudo ser decisivo

para la suerte de los normandos groenlandeses, junto con otras causas, como el empobrecimiento —por los cultivos reiterados— del delgado suelo, y la pérdida de interés en Europa por comerciar con esa remota isla que solo podía ofrecer pieles de foca y marfil de morsa. Por último, los esquimales no eran precisamente sus amigos.

Los esqueletos de los últimos normandos muestran una mala alimentación. Cuando Colón llegó a Guanahani puede que aún quedaran algunos o que hubieran desaparecido hacía poco.

Europa cambió mucho en los años cálidos, sus ciudades crecieron y se construyeron en ellas las catedrales, primero románicas y luego góticas, cada vez más altas y majestuosas, que atestiguaban la mejor situación económica. Los monasterios fueron ganando terreno a los bosques y convirtieron la naturaleza salvaje en territorio domesticado.

Esta época de bonanza se vio truncada bruscamente en la primavera de 1315. Las lluvias no pararon en el momento adecuado y las semillas perecieron ahogadas. La hambruna se cernió sobre los campesinos y no tardó mucho en ser acompañada por la peste, la guerra y la muerte. Comenzaba la Pequeña Edad del Hielo, que duraría hasta el siglo XIX.

Capítulo 23

Guerra y paz

La Historia la escriben siempre los vencedores. Pero ¿de qué guerra estamos hablando? De una que hemos declarado unilateralmente los humanos a la naturaleza. Si no, ¿por qué empleamos tantos términos bélicos para referirnos a nuestra relación con lo salvaje? Así, por cierto, «salvaje» es como calificamos a la naturaleza, y salvajes eran llamados nuestros congéneres que vivían dentro de ella. También hemos usado a menudo el adjetivo «hostil», tanto para la naturaleza como para «los salvajes». Consideramos héroes a quienes se han *enfrentado* a la naturaleza (y a sus fuerzas desatadas), han *combatido* a los elementos (aunque Felipe II no mandó —dijo— a la Armada a *luchar* contra ellos) y finalmente han *conquistado* todas las tierras —hasta las que más se resistían, las más rebeldes— y las han sometido. Siempre usamos ese lenguaje militar. Parece que los humanos no sabemos engrandecer a nadie si no ha derrotado a un enemigo. ¿Cuáles son nuestros títulos para tanto afán de dominio sobre la Tierra? Respondemos que fue creada para nuestra entera satisfacción, que está a nuestra disposición y pleno servicio, que nos pertenece como heredad porque toda ella es Tierra Prometida.

¿Y qué fue de los vencidos? *Vae victis*. Murieron. Por supuesto, fueron exterminados, aunque algunos pocos cayeron prisioneros y se exhiben para la educación de los niños: «Así era el mundo antes, lleno de criaturas bellas y peligrosas». Los niños, con los ojos muy

abiertos, preguntan por qué ya no es así. Otros fueron domesticados con la intención de utilizarlos como despensa y ahorrarse así la incertidumbre de la caza. Los animales, a cambio, obtenían alimento y protección —hasta el momento, claro, en el que les tocase el turno—. Esta interpretación puede parecer un poco cínica, pero la realidad es que los uros se han extinguido y las vacas no, muflones quedan pocos y ovejas hay muchísimas. Ahora bien, ¿sigue funcionando este —digamos— arreglo en la actualidad?, ¿qué sucede con las granjas de explotación intensiva de animales, en las que vacas, cerdos o gallinas están hacinados hasta límites inauditos, privados de toda movilidad y con una alimentación aberrante? Seguramente muchas personas consideran que se trata de un «mal necesario» para que la carne tenga un precio accesible a cualquiera, pero la realidad es que poca gente resiste la visión de estos lugares. Hemos perdido el respeto a la dignidad de los otros seres vivos. Y lo más triste del caso, consideraciones al margen, es que ni siquiera está siendo bueno para nosotros.

Los más infortunados de los prisioneros son torturados en los laboratorios de experimentación.

Una grave cuestión moral

En una carta del 14 de abril de 1881 Darwin (que murió casi exactamente un año después) expresaba sus puntos de vista sobre la vivisección, es decir, sobre la experimentación con animales vivos. Como les ha pasado a muchos científicos, hay preocupación en sus palabras y, al mismo tiempo, se percibe un

choque brutal de sentimientos cuando se trata de decidir sobre los límites que no se pueden traspasar en el trato con los animales —nuestros compañeros de viaje en la nave Tierra—, ni siquiera en aras del progreso del conocimiento biológico.

Pero cuando la salud humana puede beneficiarse del maltrato —a veces espantoso— al que se somete a criaturas inocentes en el laboratorio, las convicciones morales flaquean y ya no parece haber límites. «He sido toda mi vida un firme defensor de la humanidad con los animales, y he hecho todo lo que he podido en mis escritos para cumplir esa tarea», empieza diciendo Darwin. Pero más tarde añade: «Por otro lado, me consta que la fisiología no puede progresar sin experimentar con animales y tengo el profundo convencimiento de que quien retrase el progreso de la fisiología comete un crimen contra la humanidad». Finalmente se pronuncia: «En lo que a mí respecta, permítame asegurarle que honro, y honraré siempre, a todo aquel que haga avanzar la noble ciencia de la fisiología».

La anatomía puede estudiarse en los animales muertos, pero la fisiología es la rama de la biología que trata de los mecanismos de la vida, del funcionamiento de los organismos, y solo se puede estudiar en seres vivos, que respiran, que tienen un corazón que late y que nos miran con ojos espantados en sus minúsculas jaulas (no tenemos, desde luego, los mismos escrúpulos con las plantas o con los moluscos). Las ratas y ratones de laboratorio son imprescindibles en la investigación del cáncer y otras enfermedades (no cabe duda, y además se crían para ello), pero

hay que reconocer que la experimentación —que se lleva a cabo incluso con nuestros parientes más próximos, los grandes simios— es lo único que les faltaba a las otras especies animales, sometidas ya por el hombre a tanta destrucción.

Afortunadamente, son muchos los científicos (y no científicos) preocupados por estas cuestiones, de ahí que se haya elaborado el llamado principio de las tres R para su aplicación en los experimentos: consiste en refinar(aliviar en lo posible el sufrimiento de los desgraciados animales cautivos), reducir (el número de sujetos de experimentación, considerando preciosa cada una de sus vidas) y reemplazar cuando sea posible hacerlo (primates por roedores, mamíferos por invertebrados, cultivos celulares en lugar de organismos, o modelos matemáticos en vez de seres vivos). Lo cierto es que en muchos campos deberían utilizarse cada vez menos los animales de experimentación, y tanto por razones éticas como porque con el progreso de la ciencia van siendo rápidamente menos útiles, aunque no en todos los casos. Si hay que elegir entre la vida de una persona y la de un chimpancé (más el sufrimiento añadido), sin duda optaremos por la primera, pero ¿cuántas veces existe de verdad ese dilema hoy en día?

Alguien podría decir que en la naturaleza hay depredación y parasitismo, muerte y destrucción, que «ahí fuera» no se reparten caramelos, que no hay moral alguna en los ecosistemas. Pero nosotros, los humanos, sí la tenemos. ¿Solo para nuestros congéneres?

¿Cuándo dejamos los humanos de sentirnos parte de la naturaleza? ¿Cuándo dejamos de verla? Todo empezó —dice Ortega y Gasset— cuando el habitante de la aldea inventó el ágora, la plaza, un espacio central en el amasijo de casas donde encontrarse y hablar. La plaza es un hueco que se abre, un lugar tan artificial que está rodeado de paredes por todas partes, vuelto por completo de espaldas a la naturaleza. La plaza no limita con el campo, es su negación más completa. En el ágora los aldeanos se reunían para conversar y de este modo se convirtieron en ciudadanos. Es paradójico: lo que transforma una aldea en una ciudad no es lo que se pone en ella, sino lo que se quita para hacer sitio.

Las crónicas de los vencedores, los libros de Historia, dicen que fue en el ágora donde se inventó la filosofía, el arte (o cierto arte, porque no podemos olvidarnos de Altamira), las humanidades todas, la política, la democracia, el Derecho y los derechos humanos. Y también la ciencia. Gracias a las ciudades hoy vivimos mejor en el primer mundo y nuestra vida puede ser más humana y también más larga. Ya no tenemos que resignarnos a ver morir a nuestros hijos —a la mayoría de ellos— como les sucede a los animales en la naturaleza y les ocurría también a nuestros antepasados hasta no hace muchas generaciones. Ya no tenemos que abandonar a su suerte a nuestros padres cuando son incapaces de seguir al grupo porque no les responden las piernas e imaginar, sin volver la vista atrás, su muy previsible final: las fauces de las fieras. Tampoco nos ocurrirá a nosotros cuando nos llegue la hora. ¿Cómo negar todo esto? El libro que tienes en las manos es un producto de la ciudad y

de la civilización. Sus autores han tenido una vida cómoda y han podido estudiar en la universidad, sin moverse de su país. ¿Cómo regatearles su mérito y despreciar su sacrificio a tantas personas que afrontaron peligros de muerte en agitados mares y en tierras remotas para asegurar a sus hijos una vida mejor que la que ellos habían tenido en su patria?

Y, sin embargo, las aglomeraciones urbanas y las gloriosas civilizaciones trajeron guerras y enfermedades de una magnitud que no se conocía cuando los humanos eran «salvajes». Como si de una venganza —o de un contraataque— de la naturaleza se tratase, las pestes azotaron —desde el tiempo de los griegos— a los habitantes de Europa. Los cuatro exterminadores del Apocalipsis, después de todo, iban montados en caballos.

Bajo un cielo oscurecido por el humo se extienden campos ocres, sobre los que ni una brizna de verdura se alza, hasta las oscuras y opacas aguas sin vida del mar. Este es el paisaje en el que se desarrollan las pavorosas escenas del *Triunfo de la muerte* que pintó Peter Brueghel hacia 1562. La peste, la muerte, la guerra y el hambre llevaban entonces más de doscientos años asolando periódicamente a Europa. El primer zarpazo de la peste negra llegó en 1348 y en apenas tres años ya se había llevado por delante al menos a un tercio de la población europea.

Esa descripción también podría encabezar alguna de las muchas noticias terribles con las que la prensa y la televisión nos estremecen cada día: vertidos tóxicos en los ríos y en los mares,

emisiones de gases más o menos peligrosos a la atmósfera, deforestación, incendios...

La noche del 3 de diciembre de 1984 la muerte también triunfó en la ciudad india de Bhopal cuando, debido a una terrible negligencia en los sistemas de seguridad, cuarenta y dos toneladas de gases tóxicos se liberaron a la atmósfera. No fue un desgraciado error, ni una avería o un fallo de la técnica; simplemente ocurrió porque se abarataban costes. Miles de personas murieron y muchos miles más quedaron enfermos para siempre, y solo para que se pudiera producir un pesticida barato. Veintiséis años después, la ridícula pena a la que han sido condenados parte de los entonces responsables de la fábrica perteneciente a la compañía estadounidense Union Carbide —líder en la industria petroquímica— da la razón a la empresa. Efectivamente, el pesticida le ha salido barato.

No así a la zona de Bhopal, que, además de las terribles pérdidas del momento del accidente, ahora cuenta con cientos de miles de enfermos y un entorno contaminado. Las aguas que abastecen a la población todavía contienen un alto porcentaje de pesticidas y parece ser que aún quedan trescientas cincuenta toneladas de residuos tóxicos abandonados sin ningún sistema de protección. ¿A quién reclamar? La empresa responsable de los hechos ha sido absorbida por The Dow Chemical Company, también estadounidense, que por supuesto no se hace responsable de un accidente ocurrido con anterioridad a su compra. Esta compañía, una de las más grandes del mundo en su ramo, tiene más de

cuarenta y tres mil empleados repartidos por más de ciento cincuenta países. Entre otros productos, fabrica napalm.

Cubierto su cuerpo hasta los pies por un abrigo de cuero negro, las manos enguantadas, sombrero de ala ancha y cabeza y cara ocultas bajo una máscara que se prolongaba hacia el frente en un largo pico relleno de hierbas olorosas que lo protegía de las miasmas del ambiente, un hombre-pájaro desafiaba a la muerte. En los años de las pestes los médicos acudían así ataviados a la cabecera de sus pacientes; además, un largo palo los ayudaba a levantar las ropas y mover a los enfermos para comprobar si estaban afectados por la muerte negra: las bubas —ganglios inflamados— que se formaban en los pliegues del cuerpo eran las señales más evidentes.

Estas capuchas del siglo XVII recuerdan —y de hecho algo así pretendían ser— a las máscaras antigás actuales. La diferencia estriba en que los gases, y otros agentes químicos, de los que intentamos protegernos ahora los hemos fabricado nosotros mismos; algunos de ellos —aunque parezca increíble—, como el gas nervioso, el gas mostaza o el agente naranja, para matar a otras personas, y la mayoría buscando nuestro beneficio. La actividad industrial, los automóviles o las calefacciones, añaden al aire que respiramos componentes perjudiciales para la salud; pero también están provocando un aumento de las temperaturas. Así que, del traje de los médicos de la peste, lo que no nos va a hacer falta en el futuro va a ser el abrigo de cuero hasta los pies. Porque no lo vamos a poder resistir.

Podríamos seguir desplegando una lista casi inacabable de desastres provocados por nuestra forma de relacionarnos con nuestro entorno, una eufemística manera de referirnos a la lucha sin cuartel que, cada vez más, estamos manteniendo con la Tierra. Pero no podemos olvidar que también tenemos una amplia relación de pactos de buena voluntad. El deseo de «satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro» lo recoge la Unesco de una larga tradición, eso sí, muchas veces relegada.

El 1 de junio de 1871 comenzaba la exploración científica de territorios que comprendían la cuenca del río Yellowstone. El geólogo F. V. Hayden y las «muchas personas entendidas» que le acompañaban tendrían la fortuna de admirar las más grandiosas manifestaciones del poder de la naturaleza y abrir una nueva vía, no solo a la curiosidad humana, sino también a la ciencia; decía J. Thoulet en el artículo titulado «El territorio de Montana», publicado en 1874 en la madrileña *Revista europea*.

Y, efectivamente, realizaron la tarea que les había sido encomendada, pero además, y en este caso sobre todo, quedaron fascinados por lo que vieron. Su riguroso trabajo científico está salpicado de frases como esta:

No hay comparación posible para el espectáculo grandioso que esta cascada presenta al viajero. La blancura de nieve de la espuma; la rica vegetación que crece bajo las brumas; el arco iris que se encorva en forma de aureola, brillando y ondulando como banda flotante; el polvo líquido que, desde la base de las

cascadas, se eleva como humo, las columnas de sílice descompuestas en largas agujas que están suspendidas de las paredes pedregosas hacia el abismo, toda aquella majestad produce en el ánimo una emoción profunda.

Y así fue como a la vista de estos informes, de estas conmovedoras descripciones, el presidente Ulises S. Grant, en nombre del gobierno de Estados Unidos, a propuesta del senador S. C. Pomeroy, tomó la decisión de «sustraer a la colonización un espacio de terreno de sesenta y cinco millas de largo por cincuenta y cinco de ancho» y declararlo Parque Nacional.

Considerando que la región regada por las aguas superiores del río Yellowstone encierra una acumulación de maravillas sin igual en el globo [...]; considerando que importa apresurarse a sustraer este territorio a la avaricia de algunos industriales que no tardarían en apoderarse de él, rodearlo de cercas y obligar a que se pagase por ver maravillas, cuyo goce pertenece a la humanidad entera y que deben ser tan libres y accesibles a todos como el aire y el agua; considerando además que haciendo el rigor del frío impropio el terreno reservado para el cultivo y la cría del ganado; el Senado y la Cámara de representantes de los Estados Unidos de América, reunidos en Congreso decretan que la región de los manantiales del Yellowstone queda reservada y prohibida a la colonización. (Extraído de «El territorio de Montana», J. Thoulet.)

Este fue el primer tratado de paz que, también unilateralmente, firmamos los humanos con la Naturaleza. Y después de este vinieron muchos más.

El 22 de julio de 1918 se declara en España el primer Parque Nacional, el de la Montaña de Covadonga, inspirado en el ejemplo norteamericano. Su promotor fue el marqués de Villaviciosa (Pedro José Pidal y Bernaldo de Quirós), quien, en un discurso en el Senado en 1916, decía:

Un castillo, una torre, una muralla, un templo, un edificio, se declaran Monumento Nacional para salvarlo de la destrucción. ¿Y por qué un monte excepcionalmente pintoresco, con sus tocas de nieve, sus bosques seculares, su fauna nacional y sus valles paradisíacos, no ha de ser declarado Parque Nacional para salvarlo de la ruina?

¿No hay santuarios para el arte? ¿Por qué no ha de haber santuarios para la Naturaleza?

Años más tarde, en 1995, el Parque fue ampliado y se convirtió en el Parque Nacional de los Picos de Europa, pero algo muy significativo había cambiado durante ese tiempo. Los seres humanos, los moradores de la montaña, dejaron de considerarse enemigos de la naturaleza y pasaron a ser vistos como sus defensores y amigos. En la exposición de motivos para la nueva ley se dice:

Los Picos de Europa son el principal macizo calizo de la Europa Atlántica. En sus arroyos y bosques, en sus prados y riscos, se refugian y perviven seres olvidados ya en muchos lugares y patrones

culturales únicos. Vida en presente, parte de nuestro pasado y un referente para el futuro. [...] Los Picos de Europa son también gente. Unos pobladores que, a lo largo de siglos, han compatibilizado su vida con la conservación de la naturaleza. Unos pobladores sin los que estas tierras no serían como son.

Capítulo 24

Sube la fiebre

«La Tierra es un hermoso lugar, pero tiene una enfermedad llamada Hombre.» Así se expresaba Nietzsche, y mucha gente más lo piensa hoy en día. Pero lo que no podía imaginar el filósofo alemán es que ahora estaríamos tan preocupados por las consecuencias de nuestros actos.

Hay quien niega el cambio climático, como si eso fuera una mera cuestión de opinión, algo que pudiera entrar en el juego de la discusión política y de las querellas entre los medios de comunicación, un tema que sirve para que los comentaristas de los periódicos escriban sus columnas. Pero el clima no tiene que ver con la ideología, sino con las leyes de la naturaleza y se puede estudiar y medir, así que toda discusión sobra desde el momento en que se dispone de largos y detallados registros de temperaturas y precipitaciones en gran parte del mundo.

También es posible saber si los hielos de los glaciares en las montañas y de los grandes caparzones de la Antártida y Groenlandia avanzan o retroceden, cuánto queda de la banquisa ártica en verano y si el nivel del mar sube o no en las costas. Todos esos datos indican, sin discrepancia alguna, que desde hace un siglo, y sobre todo en las dos últimas décadas, el planeta se está calentando muy deprisa. Si la tendencia se mantiene, es decir, si el aumento de temperatura continúa al mismo ritmo, habrá graves

problemas para grandes masas de población humana en este mismo siglo XXI. Es decir, para nuestros hijos y nuestros nietos.

La razón es que lloverá aún menos en muchas regiones que son de por sí bastante secas, y las personas que viven allí ya no podrán obtener recursos suficientes de la agricultura y la ganadería —dos actividades económicas que necesitan mucha agua—. Tendrán que emigrar. También se verán afectadas las poblaciones que viven en la costa, por la invasión del mar. Y es probable que las grandes perturbaciones atmosféricas, como los ciclones tropicales, se vuelvan más intensas y produzcan más daños, incluso en latitudes templadas.

Todos estos males para una gran parte de la humanidad —porque muy poca gente vive cerca del Polo Norte— ocurrirán, y bastante pronto, si continúa la tendencia actual hacia el calentamiento, y al mismo ritmo, pero ¿qué razones tenemos para descartar que igual que ha subido la temperatura en los últimos ciento y pico años no puede volver a bajar?

De hecho, como hemos visto, antes de esta reciente alza de la temperatura habíamos pasado por un largo periodo —de unos cinco siglos— muy frío, aunque mucho menos que una glaciación, llamado Pequeña Edad de Hielo, que se sitúa, más o menos, desde el siglo XIV hasta la industrialización de fines del siglo XIX. En aquella época los glaciares avanzaron, aunque —gracias a Dios— sin llegar a reconquistar el terreno perdido cuando se terminó el último periodo glacial, porque entonces gran parte de Europa se habría vuelto inhabitable. Pero se formaron pequeños glaciares en

los Picos de Europa, en Sierra Nevada —el glaciar del Corral del Veleta— y en los Pirineos, donde todavía sobreviven los más grandes a duras penas y por poco tiempo. No verán el próximo siglo.

En comparación con la Pequeña Edad de Hielo, ahora hace —desde luego— más calor en toda Europa y llueve menos en el sur, pero si nos comparamos con el periodo anterior al siglo XIV, es decir, con la Baja Edad Media —la época de nuestra Reconquista—, las diferencias son bastante menores. En otras palabras, lo que preocupa no es cómo estamos hoy, sino la tendencia que se observa en los últimos años y que apunta peligrosamente hacia arriba en las gráficas de aumento de la temperatura.

Dicho de otra manera: desde que acabó la última glaciación, hace unos 11 300 años, vivimos en un periodo de temperaturas más suaves, pero con notables fluctuaciones del clima, que ha variado desde entonces lo suficiente como para que las poblaciones humanas y hasta las civilizaciones se hayan visto afectadas. Entre los factores que han podido influir en esas oscilaciones se cuentan los cambios cíclicos en la actividad solar y la cantidad de radiación que emite —las llamadas *manchas solares*—, o las erupciones volcánicas, que pueden arrojar grandes cantidades de gases y de sólidos a la atmósfera.

La pregunta clave, por lo tanto, es: ¿nos encontramos simplemente ante un bandazo más del clima o estamos los seres humanos alterando gravemente el funcionamiento del planeta —de Gaia, diría Lovelock— con nuestras emisiones de CO₂?

Si se trata del primer caso, la gravedad es la misma, pero al menos podemos dejar de sentirnos culpables. Si se trata del segundo, aún estamos a tiempo de actuar. Quizás. Siempre podemos agarrarnos, para hacer algo, al famoso corolario de las leyes de Murphy, que dice que por muy mal que estén las cosas..., aún pueden empeorar. Resumiendo, una cosa es el innegable cambio en el clima que se está produciendo y otra cuestión muy diferente es la de la causa de ese calentamiento, y si está originado —al menos en parte— por las actividades humanas. Y de nuevo aquí tampoco hay espacio para las ocurrencias. Se trata de estudiar científicamente el problema y de responder con rigor a la pregunta, aunque vaya por delante que solo el que exista la posibilidad de que la especie humana esté influyendo en el clima ya debería preocuparnos seriamente, y muy en particular a los españoles, puesto que nuestro territorio sería, por extensión y latitud, el más afectado de Europa por un aumento de la aridez. Toda la España mediterránea se vería gravemente perturbada. Lo que caracteriza el clima de gran parte de la Península —es decir, cuando se excluye la franja verde del Cantábrico y los Pirineos— es el largo periodo veraniego, en el que no cae una gota, unido a las altas temperaturas de tal época del año. Ese calor y esa sequía estivales someten a las plantas a un casi insoportable estrés hídrico, del que se defienden reduciendo en lo posible la pérdida de agua por transpiración. Con todo, están en situación límite y los veranos son ya inacabables... Y sin plantas no hay «suelo vivo», y sin materia orgánica no tenemos nada, solo la roca descarnada y muerta, como en Marte.

Pues bien, tenemos un dato importante —*el dato*— para abordar el problema. Resulta que el hielo de los casquetes groenlandés y antártico es hielo fósil, y sus capas más antiguas corresponden a nevadas que se produjeron hace muchos cientos de miles de años. Aunque el hielo es nieve prensada por el peso de más nieve, siempre quedan burbujas de aire atrapadas, y así podemos —casi milagrosamente— saber cuál ha sido la composición de las sucesivas atmósferas. Vemos que ahora hay más CO₂ que en los anteriores periodos cálidos entre glaciaciones y que el aumento de este gas coincide con la industrialización de finales del siglo XIX y con su aceleración en las últimas décadas. Como el CO₂ produce el efecto invernadero y la emisión de gases industriales no deja de aumentar, lo previsible es que la temperatura del planeta siga subiendo, con consecuencias muy perjudiciales para la humanidad. Hemos oído decir a Miguel Delibes (hijo) en un documental que la nuestra es la única especie de la Historia que necesita consumir más energía en cada generación, incluso aunque no aumente la población, como ocurre en los países europeos. Las demás especies siempre utilizan la misma cantidad de energía. Es evidente que nosotros consumimos más energía que nuestros padres, y esa energía la obtenemos en gran medida quemando materia orgánica, «muerta» o «viva»; es decir, la conseguimos a partir de los combustibles fósiles o de los biocombustibles (que desgraciadamente se están plantando muchas veces donde antes había bosques). En cualquier caso, la producción de energía por combustión libera CO₂ a la atmósfera.

La emisión de gases industriales no es la única perturbación grave que los humanos hemos producido en el sistema Tierra. Aparte de contaminar prácticamente todas las masas de agua, ¡incluyendo aquellas con las que calmamos nuestra sed!, somos responsables de la desaparición de innumerables especies, tanto por destrucción directa como por pérdida de hábitat. Ahora estamos acabando con muchas especies marinas y, de nuevo en el colmo de la insensatez, también con aquellas que nos proporcionan alimento. Es tan grande la destrucción que se ha hablado de la sexta gran crisis de la biosfera, es decir, la última de las extinciones masivas.

¿Qué haremos? No tiene el engreído *Homo sapiens* control sobre los movimientos de los continentes (aunque los padecemos en forma de terremotos y maremotos), ni sobre los movimientos del planeta y su exposición al sol, ni sobre el levantamiento de las cordilleras y la circulación atmosférica (que produce localmente fenómenos catastróficos), ni sobre los volcanes (otra fuente de tragedias), pero sí actuamos sobre el CO₂ atmosférico, y de dos formas distintas, cuyos efectos —sin embargo— se suman: directamente, quemando grandes cantidades de combustibles fósiles, e indirectamente, destruyendo los sumideros naturales de CO₂ que son los bosques y otros ecosistemas. Todo lo que hacemos los humanos industrializados nos aleja de una próxima glaciación —gran noticia—, pero nos acerca en cambio a una desertización de las tierras cálidas y templadas del planeta, que es donde vivimos la mayoría de los seres humanos y donde producimos nuestro alimento.

Tanto si nuestra civilización influye mucho en el clima, quemando y cortando, como si lo hace poco, ¿qué haremos si esto sigue así? (Estamos pensando como especie, es decir, con la vista puesta en las próximas generaciones.) ¿Nos desplazaremos miles de millones de personas al norte?

Esperanza... de vida

Cuando se habla de lo mal que está el mundo —crisis económicas, conflictos, epidemias, injusticias— y no digamos la Naturaleza, siempre hay alguien que dice: «Sí, pero la esperanza de vida está subiendo en prácticamente todos los países y continentes, y no solo en Occidente; la gente ya no se muere tan joven». Y es verdad, aunque precisamente ese dato —más gente en el planeta, y que vive más tiempo— es una amenaza para los últimos tigres, elefantes, rinocerontes, ballenas o los humildes bacalaos. Pero el aumento de la esperanza de vida, o lo que es lo mismo, el retraso de la edad a la que nos morimos los humanos, en promedio, es una buena noticia que merece celebrarse.

Hay que distinguir entre esperanza de vida calculada al nacimiento y longevidad de una especie. El primer parámetro depende mucho de las condiciones de vida de los individuos; el segundo, de la biología. Cada especie tiene un reloj interno propio, y así sus diferentes etapas del ciclo vital pueden ser más cortas o más largas. Los chimpancés alcanzan como mucho los cincuenta años de vida. Los pueblos humanos que han vivido hasta época reciente de la caza y de la recolección —y han

podido ser estudiados— no tenían viejos de más de setenta años, o eran excepcionales. Claro está que los chimpancés pueden vivir más años en los zoológicos, bien atendidos y a salvo, y los humanos en nuestras casas (junto con perros domésticos que también se hacen muy viejos); pero para poder comparar especies es mejor no tener en cuenta ahora a los humanos sedentarios, que no tienen que moverse todo el tiempo. La vida nómada —que obliga a las personas a mantener siempre la movilidad física y estar en buena forma— es un gran problema para las personas mayores en las poblaciones con economía de caza y de recolección. Se ha observado que hay una relación importante entre el tamaño del cerebro de una especie de mamífero y sus patrones biológicos de desarrollo, y por eso podemos imaginarnos a los australopitecos con una longevidad similar a la de los chimpancés, y a los neandertales con una parecida a la nuestra. Otros homínidos fósiles tendrían patrones intermedios. Con todo, en los pueblos modernos sin agricultura ni ganadería había gente mayor de sesenta años, que sumaban más o menos la décima parte de la tribu, y una cuarta parte del grupo tenía más de cuarenta años. Lo que más había, como es lógico, era niños pequeños, de menos de cinco años. La representación por edades de una población tiene forma de pirámide: los críos forman la base y los ancianos, el ápice. La esperanza de vida al nacimiento depende enormemente de la mortalidad infantil. Muchos eran en la prehistoria los que morían antes de los cinco años, y por eso la esperanza de vida no

pasaría entre los pintores de Altamira de los treinta o treinta y cinco años. Lo sorprendente es que esos valores se han mantenido casi constantes durante largo tiempo, porque eran muy parecidos hace cuatro días. La esperanza de vida al nacimiento en 1901 en España era de solo de treinta y cinco años. Ha sido sobre todo la reducción de la mortalidad infantil, gracias a la sanidad, lo que ha hecho que se dispare la edad que estadísticamente «espera» vivir un recién nacido. Menos en algunos países africanos, el cambio ha sido tan espectacular como reciente.

Es una maravilla ver crecer a nuestros hijos en vez de verlos morir. Lo que ahora tenemos que proponernos es que crezcan en un mundo más armonioso, bello, saludable, equilibrado y con futuro, y que disfruten de la compañía de las otras especies.

Y que lo veamos nosotros.

Querido lector: los autores no tenemos soluciones mágicas a los problemas que afronta la humanidad en relación con los recursos naturales que nos ofrece el planeta en el que hemos evolucionado. No nos presentamos ante ti como gurús poseedores de la verdad, sino como humildes y atribulados científicos. Se nos ocurren, al menos, dos comentarios finales, que quizás puedan ser de alguna ayuda. El primero es que la magnitud del problema, comparada con la pequeñez de cada uno de nosotros, no debe llevarnos a la parálisis, a no hacer nada. ¿De qué sirve plantar un árbol —o no talarlo—, o depurar las aguas residuales de una pequeña población,

o salvar de la extinción una humilde especie de planta? ¿No deberíamos concentrarnos en las «grandes decisiones»? ¿Y qué podemos hacer nosotros en relación con ellas? Nuestra respuesta a las preguntas es la del lema del movimiento conservacionista: «Piensa globalmente, actúa localmente».

El segundo comentario es más sentimental. En los himnos guerreros se suele hablar de la patria como la tierra de nuestros padres, el solar que hemos heredado y que tenemos la obligación de defender frente a los enemigos que nos lo intentan arrebatarse, etc. Una patria tan maravillosa como la que nos han legado, que es la envidia de todos los demás y que no tiene igual. Qué afortunados hemos sido por nacer en ella.

Pero no parece que estemos tratando como se merecería una cuna tan sagrada. Tal vez sería mejor que, además de verla como la tierra de nuestros padres, empezáramos a pensar en todo el planeta como la tierra de nuestros hijos.

Epílogo

El porvenir está abierto

Pensábamos que habíamos sido originales definiendo la vida como búsqueda de soluciones a los problemas... y resulta que la idea ya había sido expuesta por el gran filósofo vienés (nacionalizado británico) sir Karl Popper (1902-1994), a quien admiramos profundamente. Para este renovador del método científico, los seres vivos están continuamente elaborando hipótesis, aunque no sean conscientes de ello. Su comportamiento responde a expectativas, que han ido formando a lo largo de su vida o de la evolución de la especie. Incluso los órganos son hipótesis. Se espera de ellos que sean útiles cumpliendo alguna función.

Según Popper, los humanos hemos creado un instrumento, una herramienta, que es el lenguaje, y gracias a ella podemos sacar nuestras hipótesis fuera del cuerpo y someterlas a la crítica. Si la hipótesis es descabellada, el comportamiento previsto se descarta. De este modo, mueren nuestras hipótesis en lugar de hacerlo nosotros. Los seres vivos, dice Popper, son activos, experimentan y exploran. Todo lo someten a la prueba del ensayo y error. En el libro *El porvenir está abierto* afirma Popper: «Todos los organismos tienen que resolver problemas; incluso los organismos vegetales, no solo los animales».

En su afán por someter a la crítica todas las hipótesis, Popper propone llegar hasta el final y criticar también a la crítica. No es verdad, afirma, lo que les enseñamos a los jóvenes: que viven en un

mundo deplorable. Al menos en Occidente («ya sé que existe también un “Tercer Mundo”, en el que las cosas son muy distintas») vivimos en el mejor mundo que ha habido hasta la fecha, aunque esté lleno de fallos:

Si los jóvenes contemplan nuestro mundo desde la convicción de que es un ámbito miserable y repugnante, lo único que conseguirán es hacerse unos desgraciados —vivirán como unos desgraciados en un mundo maravilloso— [...]. Además, vivirán como unos ingratos en este mundo en el que tantas tareas hay que podrían llevar a cabo, en el que tantas cosas hay que se podrían mejorar, en el que tanta gente hay que sufre y necesita ayuda.

Popper sabía bien de qué hablaba, porque él se tuvo que exiliar en 1937 ante el auge de los nazis en su país.

En 1983 no se tenía una conciencia tan clara como hoy de la crisis de la biosfera que ha sido provocada por los seres humanos y de cómo nos afecta. Aun así, dijo unas palabras que hacen al caso:

Para acabar, me gustaría repetir una vez más: intenten ustedes ver el mundo como lo que seguramente puede considerarse que es, como un lugar hermosísimo que, cual si fuera un jardín, nosotros tenemos la facultad de mejorar y cuidar. Y, al hacerlo, procuren ustedes utilizar la humildad de un jardinero experto y por eso mismo consciente de que muchos de sus intentos fracasarán.

Autores

Juan Luis Arsuaga

Juan Luis Arsuaga Ferreras (Madrid, 1954) es licenciado y doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid y catedrático de Paleontología en esta misma universidad. El 8 de



abril de 1993 fue portada de la revista Nature por el artículo sobre el descubrimiento, en 1992, del cráneo humano más completo del registro fósil de la Humanidad, el cráneo número 5 que es el cráneo de Homo heidelbergensis. Miembro del Equipo de Investigaciones de los Yacimientos Pleistocenos de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España) desde 1982, bajo la dirección de

Emiliano Aguirre Enríquez, y desde 1991 co-director junto con José María Bermúdez de Castro y Eudald Carbonell de Castro del Equipo que ha sido galardonado con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica de 1997 y el Premio Castilla y León de Ciencias Sociales y Humanidades de 1997. El 23 de julio de 2008 se le concede el premio "Antonio de Sancha", otorgado por la Asociación de Editores de Madrid, por su defensa de la cultura por medio de la divulgación científica. Los hallazgos de Atapuerca han revelado nuevos datos sobre los primeros humanos que habitaran Europa. Esto contrasta con el secretismo en torno a las excavaciones de Orce (Granada, España), donde se han encontrado utensilios humanos anteriores a los de Atapuerca. Es miembro del

Museo del Hombre de París, de la Asociación Internacional para el Estudio de la Paleontología Humana. Es Vicepresidente de la comisión de Paleontología Humana y Paleoecología de la INQUA (International Union for Quaternary Research). Y ha sido conferenciante en las universidades de Londres, Cambridge, Zurich, Roma, Arizona, Filadelfia, Berkeley, Nueva York y Tel Aviv.

Milagros Algaba Suárez

Milagros Algaba es geógrafa de estudios, en los que tuvo la fortuna de tener grandes maestros. Tras unas cuantas vueltas, que incluyen dos maternidades, su camino acabó llevándola, hace ya algunos años, hasta el mundo de las excavaciones y de la evolución humana. Desde entonces viaja encantada en el tiempo y aprende todo lo que puede sobre gentes y lugares, su pasión desde la más tierna infancia. Ha trabajado en libros, documentales y exposiciones porque lo que más le gusta es contar historias, y que se las cuenten. Lee con fruición relatos de exploradores de todas las épocas y admira profundamente el espíritu de superación de aquellos heroicos viajeros, a los que ya le gustaría emular. Pero está convencida de que no hace falta ser Livingston o Mary Kingsley para disfrutar del maravilloso mundo en el que vivimos y de la diversidad de las gentes que lo habitan.