

# FOTOSINTESIS

## Debemos su invención a los antepasados de las cianobacterias

Cuando el sol brilla, las plantas verdes descomponen el agua para obtener electrones y protones, utilizar esas partículas para convertir el dióxido de carbono en glucosa y desprender oxígeno como producto residual. Ese proceso es de lejos el más complejo y extendido de todas las versiones conocidas de la fotosíntesis, que transforman la luz de determinadas longitudes de onda en energía química. (Las investigaciones han apuntado que ciertos hongos unicelulares utilizan rayos gamma de alta energía: se han hallado colonias de estos hongos desarrollándose en el interior de un reactor nuclear fundido en el accidente de Chernobil.) La utilización del agua como reactivo de la fotosíntesis, en lugar de otras sustancias más escasas, como el ácido sulfhídrico, permitió que, andando el tiempo, la vida surgiera y prosperara en cada rincón del planeta.

La fotosíntesis basada en la descomposición del agua fue "inventada" por los antepasados de las actuales cianobacterias, también conocidas como algas cianofíceas o verde-azuladas. Los organismos que hoy realizan ese tipo de fotosíntesis, incluidas las plantas, las algas verdes y por lo menos un animal (la babosa marina *Elysia chlorotica*), poseen

cloroplastos, orgánulos que parecen provenir de lo que en el pasado eran cianobacterias simbióticas. Todos emplean alguna forma del pigmento clorofila, a veces en combinación con otros pigmentos. La fotosíntesis empieza cuando una serie de moléculas de clorofila absorbe un fotón y dirige la energía de éste hacia la escisión de moléculas de agua.

Pero el agua es una molécula excepcionalmente resistente para intervenir en la fotosíntesis. Obtener los electrones del agua y dotarles de energía suficiente para sintetizar glucosa exige la participación de dos grupos independientes de moléculas de clorofila ligeramente distintas (y un sistema de más de 100 tipos de proteínas). Las formas más simples de fotosíntesis utilizan uno u otro grupo, pero no ambos. El misterio es: ¿cuál de ellos apareció primero en la evolución y cómo terminaron combinándose? "Es una pregunta para la que no tenemos respuesta", afirma Robert Blankenship, de la Universidad de Washington en San Luis.

Los científicos ignoran también cuándo aprendieron las cianobacterias a descomponer



el agua. Algunos datos sugieren que posiblemente ya lo hicieran hace 3200 millones de años. Sin duda, la reacción sucedía hace al menos 2400 años, cuando el oxígeno pasó de ser un gas inusual a representar el segundo más abundante de la atmósfera, un cambio sin el cual nunca habrían existido animales multicelulares complejos con capacidad de formular preguntas científicas.

—Davide Castelvecchi

## LA RED

### Un recurso global que emanó de la investigación en física fundamental

Cuando Tim Berners-Lee esbozó lo que ahora se conoce como la "World Wide Web", la ofreció para resolver los problemas que plantea la documentación. En 1989, este informático se hallaba trabajando en el CERN, precisamente cuando uno de sus principales proyectos, el Gran Colisionador Electrón-Positrón, estaba entrando en servicio. En aquel tiempo, el CERN constituía una de las grandes sedes de Internet de Europa y hogar de millares de científicos que utilizaban una variedad de sistemas informáticos. La información se almacenaba de forma jerárquica: un repositorio central, dendriforme, contenía documentos en las extremidades de las ramas. Para localizar un archivo era necesario trepar por el tronco y dirigirse luego a la rama adecuada.

Los científicos que iban llegando al CERN (que eran muchos, pues la mayoría permanecía durante períodos breves, de unos dos años) pasaban malos ratos tratando de averiguar las ramas por las que debían aventurarse para obtener la información adecuada para su proyecto.

Berners-Lee, en una propuesta a la dirección del CERN en marzo de aquel año, sugirió la construcción de un sistema que operase de forma más parecida a la estructura de la propia organización: "Una 'telaraña' múltiplemente conectada, cuyas interconexiones evolucionasen con el tiempo", escribió en *Information Management: A Proposal*. La informa-

ción ya no se almacenaría en árboles jerárquicos; se crearía un bosque de nodos interconectados. "Cuando se describe un sistema complejo es frecuente recurrir a diagramas con círculos y flechas... El sistema que necesitamos viene a ser un diagrama de círculos y flechas, en el que los círculos y las flechas pueden representar cualquier cosa".

Esa indiferencia en cuanto a los contenidos ha proporcionado a la Red su potencia actual. El sistema que Berners-Lee concluyó en las navidades de 1990 estaba imbuido de versatilidad en todos los niveles: cualquier archivo se identificaba por una dirección específica, su localizador uniforme de recurso o URL (de "Uniform Resource Locator"). Entre bastidores, el protocolo de transferencia de hipertexto, o HTTP (de "Hypertext Transfer Protocol"), proporcionaba un lenguaje uniforme, apto para que los diferentes tipos de sistemas informáticos se comunicasen entre sí. Un sencillo lenguaje de anotación de hipertexto, el HTML (de "Hypertext Markup Language"), vinculaba los documentos entre sí y especificaba el aspecto que deberían tener. Y algo no menos importante: los componentes fueron puestos sin coste a disposición de quien los quisiera. Dos decenios después, la WWW ha demostrado ser la plataforma más eficaz para la diseminación de información jamás creada.

—Michael Moyer

# RELOJES

## Su origen es una de las cuestiones de mayor calado de la física moderna

Los relojes de sol y los de agua son tan viejos como la civilización. Los relojes mecánicos se remontan a la Europa del siglo XIII. Pero aquellos artefactos nada hacían que la naturaleza no hiciera ya. La Tierra es un reloj porque gira. La mitosis celular es un reloj. Los isótopos radiactivos son relojes. Dicho de otro modo, el origen de los relojes no es un tema de historia, sino de física. Y con ello empiezan los problemas.

Podría creerse, inocentemente, que un reloj es un objeto que nos da la hora, pero según los dos pilares básicos de la física moderna el tiempo cronológico no es algo que pueda medirse. La teoría cuántica describe cómo cambia el mundo en función del tiempo. Nosotros observamos esos cambios e inferimos el paso del tiempo, pero en sí el tiempo es intangible. La teoría de la relatividad general de Einstein va más allá y afirma que el tiempo carece de significación objetiva. De hecho, el mundo no cambia con el tiempo: es un gigantesco reloj parado. Tan extravagante revelación se conoce como problema de la congelación del tiempo o, sencillamente, problema del tiempo.

Si los relojes no informan del tiempo, ¿de qué informan? Lo que nosotros percibimos como "cambio" no es una variación con el tiempo,

sino un patrón que crean los componentes del universo; el hecho, por ejemplo, de que cuando la Tierra ocupa una cierta posición en su órbita, los demás planetas ocupen otras posiciones concretas en las suyas. Julian Barbour desarrolló esa visión relacional del tiempo en el trabajo que resultó ganador en 2008 del concurso de ensayos del Instituto de Cuestiones Fundamentales.

Sostiene Barbour que, a causa de los patrones cósmicos, cada pieza del universo es un microcosmos del total. Podemos emplear la órbita de la Tierra como referencia para reconstruir la posición de los otros planetas. En otras palabras, la órbita de la Tierra sirve como reloj. No informa del tiempo, sino de las posiciones de los demás planetas. Según razona Barbour, todos los relojes son aproximativos; ninguna pieza de un sistema es capaz por sí sola de captar la totalidad del conjunto. Todo reloj antes o después pierde un batido, retrocede o se agarrota. El único reloj genuino es el mismo universo. En cierto sentido, los relojes carecen de origen. Siempre han estado aquí. Son ellos los que hacen posible que haya una idea de "origen".

—George Musser

# PATAS, PIES Y DEDOS

## No evolucionaron en tierra firme, sino en el agua

La evolución de los animales terrestres a partir de los peces acuáticos con aletas quizás empezara con la necesidad de respirar aire puro. Los animales que tienen cuatro extremidades que terminan en dedos —los tetrápodos ("con cuatro pies")— aparecieron hace entre 380 millones y 375 millones de años. Se creía que las extremidades evolucionaron como una adaptación a la vida en tierra firme. Pero descubrimientos recientes han revelado que algunos de los cambios fundamentales en la transición de la aleta a la extremidad sucedieron cuando los antepasados de los tetrápodos habitaban todavía en el agua.

Jennifer Clack, de la Universidad de Cambridge, y otros expertos en la evolución de los tetrápodos plantean la hipótesis de que esas modificaciones tempranas en los huesos y superficies articulares de las aletas pectorales podrían haber beneficiado a los antepasados de los tetrápodos de dos maneras principales.

Primero, permitiendo que tales moradores de aguas superficiales atestadas de plantas pudieran levantarse para sacar la cabeza fuera de las aguas poco oxigenadas y tomar una bocanada de aire. (Los cambios en otras partes del esqueleto, como el cráneo y el cuello, facilitaron también la respiración del aire.) Las extremidades primitivas pudieron haberles ayudado a avanzar por el fondo o a mantenerse quietos frente a la corriente mientras esperaban atrapar alguna presa por sorpresa.

En el pasado se pensaba que los huesos que formaban los pies y los dedos constituían una innovación evolutiva propia de los tetrápodos. Pero en los últimos años, los análisis de los precursores de los tetrápodos, como el fósil de *Tiktaalik*, descubierto en el 2006, han revelado que esos huesos derivaron directamente de los huesos de las aletas de los peces. Curiosamente, los primeros tetrápodos y peces parecidos a tetrápodos poseían pies con seis, siete u ocho dedos, en lugar de los cinco que presentan los tetrápodos actuales. El motivo por el que los tetrápodos desarrollaran finalmente cinco dedos es incierto, pero es posible que esta configuración ofreciera a la articulación del tobillo la estabilidad y flexibilidad necesarias para caminar.

—Kate Wong



# ESTRIBOS

## La invención del estribo cambió el arte de la guerra

Una leve alteración en el modo habitual de montar a caballo alteró la forma en que se combatía en las guerras. Cuando domesticaron el caballo, miles de años tras el alba de la agricultura, los humanos empezaron montando a pelo o con una manta sobre el lomo del animal. La primera silla de cuero quizá se puso a lomos de un caballo en la China del siglo III a.C. Pero la silla de montar fue sólo un primer paso hacia la transformación de la caballería. Subirse a un caballo acarreado sobre sí unas armas presentó durante mucho tiempo azarosos peligros. Cambises II, rey de Persia en el siglo VI a.C., se acuchilló a sí mismo al saltar sobre un caballo.

Hacia el siglo IV d.C., los chinos ya habían empezado a construir apoyos de hierro fundido o de bronce para los pies. Lo que hizo del estribo una innovación de tal trascendencia fue que facilitó al jinete un control mucho mayor del caballo; jinete y animal se convirtieron casi en extensiones el uno del otro. Se hizo posible disparar flechas con precisión desde un caballo lanzado a galope tendido. Un soldado de caballería podía afirmarse en la silla y, con la lanza sujeta bajo el brazo, valerse de la tre-

menda energía cinética de un caballo a la carga para abatir a un enemigo aturdido por la sorpresa. La pura masa del caballo y su rapidez se convirtieron en elementos importantes del arma de caballería, y en un potente factor de intimidación.

Es posible que los ávaros trajesen el estribo a Occidente cuando llegaron al Imperio Bizantino en el siglo VI d.C. El Imperio Bizantino no tardó en adoptarlo, y después también los francos. Hace decenios que las repercusiones sociales de la montura equina intrigan a los historiadores. Algunos estudiosos sugirieron que el feudalismo surgió en Europa porque la guerra a caballo, facilitada por el estribo, resultó beneficiosa para la caballería franca. Surgió así una clase aristocrática que recibió tierras en pago a sus servicios en la caballería.

Otros, en el bando contrario de lo que se conoce como la Gran Controversia sobre los Estribos, sostienen que esa interpretación de los hechos carece de base. Que el estribo fuese la sola técnica que permitió el auge del feudalismo es más que dudoso. Pero lo que es incuestionable es que ese pequeño aditamento a la silla de montar fue una innovación que transformó para siempre el arte de la guerra.

—Gary Stix



## EL OJO

### ¿Para qué sirve la mitad de un ojo? Para muchas cosas

Un argumento favorito de los creacionistas a ultranza es que un órgano tan complejo como el ojo humano (provisto de iris regulador de la luz, cristalino, retina estratificada de células fotosensibles y otros elementos) no puede ser resultado de la evolución darwinista. ¿Cómo podrían unas mutaciones aleatorias haber creado y ensamblado de forma espontánea unas partes carentes de finalidad por sí mismas? “¿De qué sirve la mitad de un ojo?”, ironizan, pretendiendo que este órgano constituya una prueba evidente de la intervención directa de Dios.

De hecho, hasta Charles Darwin reconoció en *El Origen de las Especies* que el ojo parecía plantear una objeción a su teoría. Sin embargo, al examinar el registro fósil, las etapas de desarrollo embrionario y los diversos tipos de ojos en los animales existentes, los biólogos de la escuela de Darwin han señalado las sucesivas etapas de la evolución que pueden haber dado lugar al ojo que conocemos hoy.

La estructura básica de nuestros ojos es similar en todos los vertebrados, lampreas incluidas, cuyos antepasados se separaron de los nuestros hace unos 500 millones de años. Por aquel entonces, pues, todos los caracteres básicos del ojo tenían que existir, afirma Trevor Lamb, de la Universidad Nacional Australiana. Pero los vertebrados que siguen a las lampreas en afinidad, los resbaladizos mixinos (de cráneo cartilaginoso y sin ningún otro hueso), están dotados sólo de ojos rudimentarios: unas estructuras cónicas bajo la piel, sin córnea, ni

cristalino ni músculos, cuya función probablemente se limita a medir la luz ambiente en los profundos y fangosos lechos marinos donde medran estos peces agnatos.

Es, por tanto, verosímil que nuestros ojos hayan evolucionado tras haber divergido nuestra ascendencia y la de los mixinos, tal vez hace 550 millones de años según Lamb. Los animales más primitivos acaso contaran con células fotosensibles implantadas en el cerebro para distinguir la luz de la oscuridad y la noche del día. Si esos implantes se hubiesen reestructurado formando vesículas, como en el caso de los mixinos, podrían haber localizado la dirección de procedencia de la luz. Las pequeñas mejoras siguientes habrían permitido visualizar imágenes toscas, como las que perciben los ojos del molusco nautilo. El cristalino sería el resultado de la evolución de capas de piel transparente engrosada. Lo esencial es que, en cada etapa, el ojo “incompleto” tuviera posibilidades de sobrevivir a sus antecesores.

Los biólogos han calculado que todos esos cambios podrían haber ocurrido en sólo 100.000 generaciones, un abrir y cerrar de ojos en términos geológicos. Quizás era preciso evolucionar con tal prontitud, puesto que numerosos invertebrados estaban desarrollando sus tipos de ojos particulares. Según Lamb, se trataba de una auténtica carrera de armamentos: “en cuanto otros adquirían visión y empezaban a devorarte, lo importante era poder escapar de ellos”.

—Davide Castelvecchi





## Sinónimo de vida, se originó en el interior de las estrellas

**A**unque el carbono haya adquirido mala fama en los últimos tiempos porque se asocia a los gases de efecto invernadero, fue, durante mucho tiempo, sinónimo de vida. Después de todo, el término “vida orgánica”, basada en el carbono, se utiliza a menudo para referirse a “la vida tal y como se conoce”; asimismo, un “compuesto orgánico” significa un “compuesto de carbono”, aunque no intervenga en él ningún ser vivo.

Pero el sexto elemento de la tabla periódica —y el cuarto más abundante del universo— no ha existido desde el inicio del tiempo. Durante la gran explosión (“Big Bang”) se formaron sólo hidrógeno, helio y trazas de litio. El resto de los elementos, entre ellos el carbono, se creó más tarde, sobre todo mediante la fusión nuclear en el interior de las estrellas y las explosiones de las supernovas.

A las temperaturas y presiones extraordinariamente elevadas del centro de una estrella, los núcleos atómicos chocan entre sí y se fusionan, dando lugar a otros núcleos de mayor peso. En una estrella joven, la mayor parte corresponde a hidrógeno que se fusiona y se convierte en helio. La unión de dos núcleos de helio (cada uno con dos protones y dos neutrones) forma un núcleo de berilio, que tiene cuatro protones y cuatro neutrones. Sin embargo, ese isótopo de

berilio, inestable, tiende a desintegrarse muy poco después. De ese modo, parecería imposible la formación de carbono u otros elementos más pesados.

Mas, avanzada la vida de la estrella, la temperatura interna se eleva por encima de los 100 millones de kelvin. Sólo entonces se produce berilio con prontitud suficiente para sumar una cantidad importante de ese elemento en un momento dado; surge así la posibilidad de que otros núcleos de helio choquen contra los de berilio y se origine carbono. Después, pueden producirse más reacciones, que dan lugar a otros elementos de la tabla periódica, hasta el hierro.

Cuando en el centro de una estrella se agotan los núcleos que se fusionan, remite la presión hacia fuera ejercida por la reacción de fusión nuclear; la estrella colapsa bajo su propio peso. Si la estrella presenta el tamaño suficiente, provocará uno de los resplandores más espectaculares del universo: una explosión de supernova. Tales cataclismos resultan beneficiosos, ya que las supernovas permiten dispersar el carbono y otros elementos (algunos de ellos originados en las mismas explosiones) por la galaxia, donde darán lugar a nuevas estrellas y también a planetas, vida... y gases de efecto invernadero.

—Davide Castelvecchi

## HUEVO

### El viejo dilema del huevo y la gallina

**E**n marzo de 2006, con ocasión de la publicación de la película *Chicken Little* en DVD, Disney convocó un panel de expertos para dar una respuesta definitiva al antiguo enigma: ¿Qué fue antes, el huevo o la gallina? El veredicto fue unánime. “La primera gallina tuvo que diferenciarse de sus padres en algún cambio genético, que hizo que esta ave fuera la primera en cumplir los criterios por los que juzgamos que un animal es una gallina”, afirmó John Brookfield, especialista en biología evolutiva de la Universidad de Nottingham. “El organismo viviente dentro de la cáscara de huevo tenía el mismo ADN que la gallina en la que se iba a convertir; por tanto, era miembro de esa misma especie”. Lo que reconocemos como el ADN de una gallina existe primero dentro de un huevo. El huevo vino primero.

Sin embargo, a pesar de la postura unánime de aquel panel, compuesto por tres personas (ya que David Papineau, filósofo de la ciencia, y Charles Bourns, granjero avícola, estuvieron fundamentalmente de acuerdo con el análisis de Brookfield), la pregunta es, en el mejor de los casos, incompleta, y en el peor, engañosa. Si consideramos que la palabra “gallina” se refiere a un miembro de *Gallus gallus domesticus* (una subespecie de aves salvajes que evolucionó en el sudeste asiático y lleva domesticada unos 10.000 años), podríamos preguntarnos en qué momento apareció el primer miembro de esta especie (y si era un animal adulto o un huevo).

La formación de una especie no es un proceso que se lleve a cabo en un instante ni en un individuo. Se precisan generaciones y generaciones de cambios graduales para

que un grupo de animales deje de cruzarse con otro grupo, y sólo entonces puede afirmarse que se ha formado una nueva especie. Visto de esta forma, no tiene sentido hablar del primer huevo o la primera gallina. Sólo existió el primer grupo de gallinas, algunas de las cuales, es de suponer, aún eran huevos.

Y, si no se exige que se trate de la misma especie, el huevo va muy por delante. Algunos invertebrados tan simples como las esponjas se reproducen mediante algún tipo de huevos, lo cual significa que los huevos probablemente sean anteriores a la explosión de biodiversidad que se produjo en el Cámbrico, hace 530 millones de años. Los peces y los anfibios ponen huevos gelatinosos. Los antepasados de los reptiles y aves pusieron el primer huevo con cáscara hace 340 millones de años. Esa innovación, que permitió que los huevos sobreviviesen y continuaran su desarrollo en tierra, dio lugar a la aparición de vertebrados terrestres, mucho antes de que cantase el primer gallo.

—Michael Moyer



# LUZ

## No un súbito fogonazo, sino un lento y progresivo amanecer

Las cualidades de la luz que nos son familiares (onda electromagnética, riada de fotones, fuente de información acerca del mundo) fueron emergiendo en sucesivos estadios a lo largo de los primeros milenios de la historia cósmica.

En los primerísimos momentos, el electromagnetismo no operaba como una fuerza independiente, sino que se hallaba entrelazado con la fuerza nuclear débil, que gobierna la desintegración radiactiva. Aquella fuerza electrodébil producía un fenómeno reconocible como luz, pero más complicado. Por ejemplo: no había una, sino dos formas de luz primigenia, formadas por los bosones *B* y *W*. Transcurridos unos  $10^{-11}$  segundos, el universo se había enfriado lo suficiente para que el electromagnetismo pudiera zafarse de la fuerza débil; los bosones se reconfiguraron por sí solos de modo que brotaron los fotones.

Los fotones se hallaban totalmente mezclados con partículas materiales como los quarks. Formaban con éstos una sopa indiferenciada. Habríamos visto entonces un resplandor cegador, sin ningún rasgo distintivo, rodeándonos por todas partes, que, al carecer de variaciones de brillo o de color, informaría tan poco como la oscuridad perfecta. Los primeros objetos dotados de alguna estructura interna no afloraron hasta los 10 microsegundos, cuando los quarks se aglomeraron en protones y neutrones; éstos, hacia los 10 milisegundos, formaron núcleos atómicos. Sólo entonces empezó la materia a dejar una impronta en la luz.

Transcurridos unos 380.000 años, la sopa se descompuso y la luz empezó a fluir a través del espacio en líneas más o menos rectas. Pudo por fin iluminar objetos y formar imágenes. Cuando esa luz primordial fue atenuándose y se hizo más roja, el universo atravesó un período sombrío, la Edad Oscura. Finalmente, llegado a una edad de alrededor de 300 millones de años, se encendieron las primeras estrellas y el universo adquirió la capacidad de engendrar nueva luz. En el libro del Génesis la luz apareció antes que la materia; en la física, ambas surgieron a la vez.

—George Musser

# LA PILDORA

## Los tratamientos de infertilidad han llevado a la “liberación reproductora”



El anticonceptivo oral se ha difundido hasta tal punto en todo el mundo que acabó llamándose simplemente “la píldora”. Durante decenios había sido el sueño de Margaret Sanger, preconizadora de la planificación familiar, aunque ninguno de los hombres que convirtieron en realidad su deseo emprendió sus trabajos con ese propósito. En los años treinta del siglo XX empezó a conocerse la función de las hormonas esteroides en el cuerpo y a pensar en su potencial terapéutico, pero la extracción de hormonas de animales resultaba prohibitivamente cara para la mayoría de las aplicaciones médicas. En 1930, el químico estadounidense Russell Marker ideó un método para fabricar esteroides a partir de plantas, método que todavía hoy sigue siendo la base de la producción de hormonas. La empresa que fundó, Syntex, desarrolló pronto una progesterona sintética inyectable derivada de un hongo silvestre.

La progesterona era un fármaco que parecía interesante para el tratamiento de las irregularidades menstruales que contribuían a la infertilidad: su función natural es impedir la ovulación durante el embarazo y en partes del ciclo menstrual de la mujer. En 1951, Carl Djerassi, químico de Syntex y más tarde también escritor, sintetizó una progestina de origen vegetal que podía administrarse de forma práctica por vía oral.

En 1953, cuando Sanger y su adinerada benefactora Katharine Dexter McCormick hablaron con el experto en esteroides Gregory Pincus sobre la creación de una píldora anticonceptiva, éste estaba trabajando para una organización pequeña y en apuros de Massachusetts, la Fundación Worcester de Biología Experimental. Pero veinte años antes, en la Universidad de Harvard, había provocado cierto escándalo al realizar la fecundación *in vitro* de conejos; Sanger pensó que Pincus poseía la audacia y el conocimiento necesarios para producir su largamente buscada píldora.

Pincus a su vez contrató a un médico especialista en fertilidad, John Rock, que ya utilizaba la progesterona para suspender durante unos meses la ovulación de sus pacientes con la esperanza de estimular su fecundidad. Todavía con el pretexto de investigar sobre la fertilidad, Rock y Pincus emprendieron en 1954 el primer ensayo en humanos: inyectaron progestinas sintéticas a 50 mujeres durante tres meses. Todas interrumpieron la ovulación mientras duró el ensayo y la reanudaron cuando se retiraron los fármacos. Tras varios años de experimentación, la Agencia Federal de Fármacos y Alimentos de EE.UU. aprobaba en junio de 1960 la primera píldora anticonceptiva.

—Christine Soares

# DIENTES

## Son muy anteriores a la sonrisa

Los primeros dientes, ¿se encontraban en el interior o en el exterior de los animales? Los tiburones están cubiertos por miles de pequeños dentículos, unas protuberancias de dentina y colágeno parecidas a los dientes. Se conjeturaba que los dentículos de algunos vertebrados muy primitivos pudieron ser, si hubiesen emigrado hasta la mandíbula y allí hubiesen crecido y adquirido nuevas funciones, el origen de los dientes actuales. Sin embargo, una serie de pruebas fósiles y genéticas han confirmado en los últimos años que los dientes son mucho más antiguos que los tiburones, más incluso, que la mandíbula y que los dentículos. Y tuvieron su origen dentro del cuerpo, aunque no en la boca.

Las primeras dentaduras fueron las de los conodontos, unas criaturas de entre cuatro y cuarenta centímetros de largo, semejantes a las anguilas, que vivieron hace unos 525 millones de años; deben su nombre al anillo de largos dientes cónicos de su faringe. Algunas especies de peces tienen aún dientes vestigiales en la garganta, pero se cree que la mayoría de los dientes faríngeos se trasladaron a la boca, quizás a medida que se desarrolló evolutivamente la mandíbula.

Uno de los indicios en favor de esa idea consiste en que la actividad genética programada que hace que se formen los dientes es distinta

de las instrucciones que llevan a la formación de la mandíbula, aunque ambas estructuras crecen de forma coordinada. La unión de dientes y mandíbulas, sin embargo, fue probablemente lo que dio lugar a formas de dientes especializadas. Al llegar el décimo día del desarrollo de un embrión humano se están produciendo ya las señales moleculares que inician la formación de los dientes entre dos capas de tejido embrionario. Al mismo tiempo, las señales de la mandíbula en proceso de crecimiento imprimen una forma al diente primordial que ya no podrá cambiar. Incluso cuando el brote inicial de un futuro molar se trasplanta a una zona distinta de la mandíbula, el diente final se convertirá en aquello a lo que está destinado por su situación original.

Por desgracia, cuesta recapitular en el laboratorio unos quinientos millones de años de evolución. Como los dientes nacientes dependen de la información de la mandíbula embrionaria en crecimiento, el trabajo dirigido a generar nuevos dientes a partir de células madre dentales se centra en su formación en el lugar deseado dentro de la boca; pero aún no está claro que la mandíbula adulta pueda proporcionar las señales necesarias.

—Christine Soares

## LA PLACENTA

### Procede evolutivamente de una membrana de la cáscara del huevo

Hace más de 120 millones de años, mientras los dinosaurios gigantes se enzarzaban en las selvas, ocurría en el sotobosque del Cretácico un espectáculo más tranquilo: cierto linaje de seres diminutos y peludos dejó de poner huevos y parió crías vivas. Se trataba de los ascendientes de casi todos los mamíferos actuales (a excepción de ornitorrincos y equidnas, que hoy en día todavía ponen huevos).



Lo que hace posible el nacimiento con vida de los mamíferos es un órgano singular, la placenta, que envuelve al embrión en desarrollo y regula el flujo de nutrientes y gases entre el feto y la madre a través del cordón umbilical.

La placenta parece haber evolucionado a partir del corion, una membrana delgada que reviste el interior de la cáscara de los huevos y sirve a los embriones de reptiles y aves para obtener oxígeno. Los canguros y otros marsupiales poseen y necesitan sólo una placenta rudimentaria: tras una corta gestación, sus crías, del tamaño de una alubia, finalizan su desarrollo mientras maman en la bolsa de la madre. Sin embargo, los humanos y la mayoría de los mamíferos requieren una placenta que extraiga los nutrientes de la sangre de la madre durante una prolongada gestación.

Estudios recientes han demostrado que la complejidad de la placenta se debe, en parte, a la manera en que diferentes genes de la misma se activan a lo largo del tiempo. Al principio del desarrollo embrionario, las placentas de los ratones y de los humanos dependen del mismo con-

junto de genes antiguos relacionados con la proliferación celular. Pero hacia el final de la gestación, aunque la placenta no altere aparentemente su aspecto, recurre a genes más modernos y exclusivos de la especie. De ese modo, las placentas están adaptadas a las necesidades de mamíferos con diferentes estrategias reproductoras: basta comparar a los ratones, cuya gestación dura tres semanas y paren 12 o más crías, y a los humanos, que a los nueve meses dan a luz sólo una.

Para que la placenta, que, antes que otra cosa, es un órgano del feto, perdure más de una o dos semanas, debe evitar que el sistema inmunitario de la madre la rechace. Para ello, despliega un ejército mercenario de retrovirus endógenos, genes víricos insertados en el ADN de los mamíferos. Se ha observado a dichos virus emergiendo de las membranas celulares de la placenta. Es posible que desempeñen la función crucial de apaciguar el sistema inmunitario de la madre para que acepte la placenta (así es como ayudan a algunos tumores a sobrevivir).

—Davide Castelvecchi