

LUCÍA
ALMAGRO

BACTERIAS

TODAS

POR
PARTES

LO BUENO Y LO MALO DE
LOS MICROORGANISMOS
MÁS ABUNDANTES
DEL PLANETA

PAIDÓS
para curiosos



Lucía Almagro

**BACTERIAS
POR TODAS
PARTES**

**Lo bueno y lo malo de los
microorganismos más abundantes
del planeta**

PAIDÓS

1.ª edición, marzo de 2024

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor. La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento. En Grupo Planeta agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor. Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Lucía Almagro Ruz, 2024

© de las ilustraciones, Javier Pérez de Amézaga Tomás, 2024

© de todas las ediciones en castellano,

Editorial Planeta, S. A., 2024

Paidós es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

Avda. Diagonal, 662-664

08034 Barcelona, España

www.paidos.com

www.planetadelibros.com

Diseño de la cubierta: Planeta Arte & Diseño

© de las ilustraciones de la cubierta: Frogella, Juvart, Vladimir Ivankin, Good-Studio, Alhovik, Klyaksun, Epifantsev, Tartila / Shutterstock

ISBN: 978-84-493-4207-3

Maquetación: Realización Planeta

Depósito legal: B. 3.148-2024

Impresión y encuadernación en Limpergraf, S. L.

Impreso en España – *Printed in Spain*



SUMARIO

Introducción. Bacterias hasta en la sopa	7
Capítulo 1. ¿Cómo hemos llegado hasta aquí?	15
Capítulo 2. ¿Cómo son estos «bichos»?	35
Capítulo 3. ¿Cómo luchaban antiguamente contra las bacterias?	61
Capítulo 4. La ya famosa microbiota	81
Capítulo 5. Las bacterias en la investigación y la producción de fármacos.	109
Capítulo 6. Bacterias en la industria	135
Capítulo 7. Resistencia a antibióticos y sus soluciones . .	161
Capítulo 8. El futuro en el fascinante mundo de las bacterias y la biotecnología	187
Epílogo	209
Agradecimientos	213
Bibliografía	217

CAPÍTULO 1

...

**¿CÓMO HEMOS
LLEGADO
HASTA AQUÍ?**



El origen de la vida. Esto es un temazo, la verdad. Hoy, la comunidad científica no se pone de acuerdo al respecto, y no es porque las pruebas sean poco evidentes, es porque faltan certezas y cada uno tiene su hipótesis. Hay una bastante aceptada, que te explicaré más adelante, pero quiero que te quedes con la idea de que no hay suficiente evidencia científica que la sustente y mañana mismo podría imponerse otra teoría.

La verdad es que no sé si nos resultaría muy útil hoy en día conocer cómo surgió la vida, pero, como seres curiosos que somos, no podemos evitar que nos ronde esa pregunta. Reconozco que averiguar exactamente cómo fue produciría ese microplacer del saber que estoy segura de que has sentido si tienes un libro como este, de divulgación científica, en las manos.

EL PANORAMA TERRESTRE CUANDO TODO EMPEZÓ

Primero, quiero ponerte en contexto para que entiendas todo lo demás. La Tierra se formó hace 4.500 millones de años, millón arriba, millón abajo, y en los inicios el ambiente estaba caldeado, nunca mejor dicho.

DATO CURIOSO

La radioactividad no siempre es mala

Puede que te preguntes cómo leches somos capaces de saber la edad de la Tierra, y encima siendo tal cantidad de millones de años. La respuesta está en los análisis de radioisótopos de desintegración lenta. ¡Toma ya!, ¿qué te parece? Lo siento, los científicos somos así, le ponemos nombre raro a todo, pero básicamente es la forma que tenemos de saber la edad de un objeto gracias a la descomposición de un elemento radioactivo.

Cuando dicho elemento se descompone, libera su radiación, y este proceso ocurre siempre al mismo ritmo. Por ello, conociendo el ritmo y la cantidad de este radioisótopo, es decir, midiendo su radiación y los productos que se forman por su degradación, se puede saber la antigüedad de los fósiles. Es un poco complejo, pero similar a cuando hierves un huevo: viendo su consistencia al pelarlo, puedes saber más o menos cuánto tiempo ha estado hirviendo porque comparas su estado antes de meterlo en el agua (crudo) con el resultado de su transformación por el calor (más o menos cuajado).

Nuestro planeta se formó a partir de los materiales de una nebulosa de polvo y los gases liberados por la explosión de una antigua estrella. Gracias al sol, que liberaba grandes cantidades de energía en forma de luz y calor, los materiales que quedaban en aquella nebulosa empezaron a fusionarse por las colisiones que ocasionaron el azar y la atracción gravitatoria. De ahí fueron surgiendo pequeños trocitos de materia, que poco a poco crecieron hasta dar lugar a unas masas que, más tarde, formarían los planetas. Todo esto generó una cantidad de energía brutal que provocó que la Tierra se calentara y que, en aquel momento, fuese puro magma en ebullición,

aunque se iría enfriando. Como verás, las condiciones no se parecen en nada a las de la paradisíaca Costa del Sol, sino que más bien son parecidas a las de Marte, pues nuestro planeta se vio sometido constantemente a bombardeos de asteroides durante al menos quinientos millones de años, que se dice pronto.

Luego apareció el agua, que en teoría procede de los choques de cometas y asteroides helados, aunque sobre esto hay muchas dudas. Pero independientemente de su origen, su aparición supuso un punto de inflexión que permitiría el nacimiento de la vida en la Tierra. Al principio, debido a la temperatura del planeta, seguramente toda el agua debía encontrarse en forma de vapor, pero, con el paso del tiempo, unos doscientos millones de años, debido al enfriamiento pasó a estado líquido, por lo que las condiciones se volvieron compatibles con la vida.

De hecho, en Groenlandia hay formaciones celulares de hace 3.860 millones de años con gran cantidad de carbono en su composición, lo que indicaría que se trata de material orgánico; por lo tanto, de vida. Recuerda que el carbono, el nitrógeno, el oxígeno, el hidrógeno, el fósforo y el azufre son los elementos más abundantes en todo lo vivo, también en los virus, que, aunque oficialmente no se consideren como tal, yo, como fan declarada, los considero organismos, y con mucho *power*.

EL MEOLLO DEL ASUNTO: ¿CÓMO FUE EL ORIGEN DE LA VIDA?

Nadie puede decirlo con seguridad, la verdad, pero parece probable que lo primero que surgiese fuera algo así como una molécula capaz de hacer copias de sí misma hasta convertirse en algo más complejo. Es evidente que, con temperaturas altísimas y unos niveles de radiación ultravioleta tan

elevados en la Tierra, la vida tal y como la conocemos era prácticamente imposible, y, como todo en este mundo, las cosas se empiezan con piezas pequeñas que, poco a poco, van formando algo más complejo (aunque no necesariamente mejor).

La hipótesis más aceptada sostiene que la vida se originó muy por debajo de la superficie terrestre, en las fuentes hidrotermales del lecho marino. Son una especie de estalagmitas formadas por compuestos como el hidrógeno, el azufre o el metano, que salen de la corteza oceánica como si de un microvolcán en erupción se tratase. Su unión, junto con las altas temperaturas y, cómo no, el azar, hizo que surgiesen pequeñas moléculas muy similares a lo que ahora conocemos como ARN, que, aunque parezca conocerse solo desde que llegó la COVID-19, la verdad es que es una de las moléculas mejor conservadas y cuidadas por la evolución.

Para entender bien el origen de la vida, debemos tener presentes las tres moléculas esenciales de la célula: el ADN (ácido desoxirribonucleico), el ARN (ácido ribonucleico) y las proteínas. Las proteínas son el resultado de convertir las letras que describen nuestros genes en el ADN en algo tangible y funcional. Así, como dependen de la secuencia genética, quedan descartadas como primera molécula. Además, por sí solas no son capaces de multiplicarse, mientras que con el ADN ocurre todo lo contrario. Sin embargo, este último no es capaz de llevar a cabo funciones celulares, como las proteínas, y es de cajón que, para empezar con la vida, algo tienes que ser capaz de hacer, no solo contener la información para ello. Es como tener las piezas de un armario (que serían las proteínas) y su manual de instrucciones (que sería el ADN). Por separado, ni aquellas ni este nos permitirán guardar ropa en ningún sitio, ya que necesitamos a alguien que sepa leer ese ADN y montar el armario. ¿Adi-dinas quién?

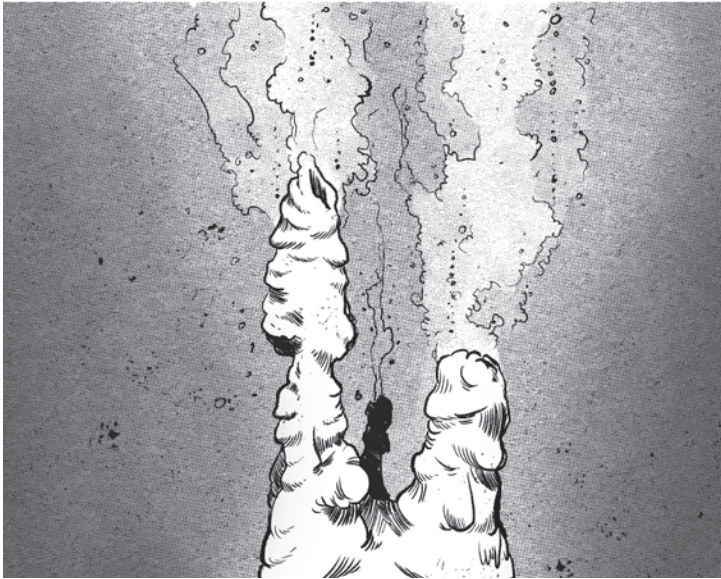


Figura 2. Chimeneas submarinas

El ARN es la pieza fundamental que hace que lo que pone en tu ADN se convierta en realidad y tengas esos maravillosos rizos de tu madre, esos ojos oscuros de tu padre o, a veces, esos problemillas que preferirías no haber heredado. Además de ser ese técnico que te monta el armario (que a veces eres tú, si lo compras en IKEA), el ARN también puede formar parte de moléculas que te dan energía, unir otras para formar proteínas y hasta tener actividad catalítica, es decir, hacer posibles reacciones químicas fundamentales en tu organismo.

Por todo ello se cree que la vida empezó en un mundo de ARN, en el que él se lo guisa y se lo come todo, probablemente catalizando su propia formación y multiplicación, hasta que, recuerda, por puro azar, aparecen las proteínas y asumen este papel. La teoría mantiene que, más adelante, surge el ADN, una molécula que por naturaleza es más estable que el ARN y, por tanto, una caja fuerte de información mucho

más segura, de modo que adopta el papel de libro de instrucciones para que el ARN se limite a convertirlo en proteína.

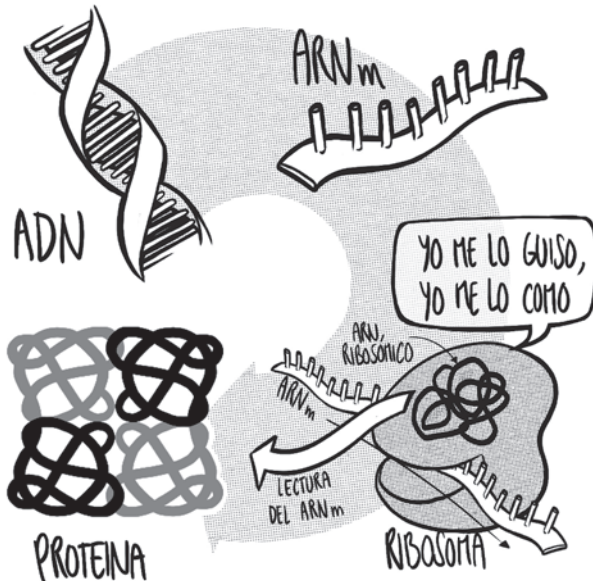


Figura 3. La síntesis de proteínas

Como te he comentado, esto es solo una hipótesis y, como siempre en ciencia, muchos del gremio opinan que esa explicación no se sostiene. Alegan que, con las condiciones de la Tierra hace 4.000 millones de años, es imposible que se formara una molécula que hoy sabemos que es ultrasensible a todo y que se degrada casi con mirarla.

De hecho, no se ha conseguido crear ARN en laboratorio en esas condiciones a pesar de innumerables esfuerzos, y sabemos que, para la comunidad científica, si algo no se puede ver ni analizar estadísticamente, no se puede afirmar. Lo único que está claro es que la vida microbiana surgió a partir de mezclas aleatorias de compuestos químicos, porque, si no, no estaríamos aquí; cómo ocurrió ya es otra movida.

DATO CURIOSO

Tus manos son máquinas de destruir ARN

Resulta que nuestra piel, en especial las manos, está cubierta de unas famosas enzimas que en el mundo de la investigación nos hacen la vida imposible cuando queremos estudiar el ARN: las RNasas (ribonucleasas). Estas se dedican a cortar todo el ARN que se encuentran por el camino y son resistentes a muchas condiciones extremas. Nos fastidian tanto que hasta el ganador del Premio Nobel Ingmar Hoerr (fundador de CureVac) dijo en una conferencia que eran «una auténtica m*****» (literalmente). Y ¿para qué queremos eso en las manos? Pues las RNasas tienen actividad antimicrobiana y nos ayudan a defendernos de infecciones de bacterias patógenas, como el *Streptococcus pneumoniae* o la famosa levadura *Candida albicans*. Así que no están ahí solo para complicarnos la vida a los científicos, sino que tienen una función importante, como todo en nuestro organismo, ¡aunque en algunos casos aún no la sepamos!

Conforme avanzaron los años y el azar tuvo oportunidad de hacer su magia, se cree que en esas chimeneas de las que he hablado antes empezaron a formarse pequeños compartimentos que ayudaron a que ocurriesen otras reacciones químicas que dieron lugar a la formación de moléculas más similares a las que conocemos hoy (al concentrarlo todo en un punto), y, por supuesto, a que surgieran las membranas que recubren las células y las separan de las demás.

Probablemente, las primeras formas de vida celular tenían ya su ADN, sus distintos tipos de ARN y una fábrica de proteínas, por lo que serían muy similares a las actuales (aunque primitivas). Además, contaban con una membrana capaz de

conservar la energía y el alimento en el interior, algo muy importante entonces, pues las células tenían que conseguir energía de un ambiente bastante inhóspito, duro y sin oxígeno, un elemento superimportante a nivel energético. Más o menos, te lo puedes imaginar como un saquito relleno de líquido en el que flotaban pequeñas moléculas de ADN, ARN y proteínas que hacían lo mínimo para sobrevivir, si a eso se lo podía llamar «vida».

Este antepasado común a todas las formas de vida en el planeta tiene nombre y se parece al mío. Incluso te diría que a veces me han llamado así cuando me he topado con agencias de envío o registros en el extranjero donde no existe la *i* con tilde. A nuestro ancestro más antiguo lo han llamado «LUCA», que proviene de *last universal common ancestor* («último antepasado común universal»), que existía hace entre 3.700 y 3.800 millones de años, cuando surgieron diferencias entre los organismos que dieron lugar a lo que hoy conocemos como «especies».

Las primeras que aparecieron son las protagonistas de este libro, las bacterias, junto con unas compañeras bastante similares, las arqueas; pero a estas las dejaremos tranquilas, porque, si no, nos volveremos locos. A partir del origen de las bacterias, la vida microscópica fue evolucionando y aprendió a exprimir al máximo los recursos disponibles del planeta, a la vez que este también iba evolucionando.

La Tierra entera fue un lugar sin oxígeno durante la mayor parte del tiempo y, hasta que la evolución no estuvo más avanzada, con la aparición de la fotosíntesis de las bacterias (uy, sí, las bacterias ya hacían la fotosíntesis mucho antes que las plantas), no existió el O₂ molecular que utilizamos para respirar todos los organismos aerobios. Por lo tanto, hasta ese momento, las bacterias se limitaban a obtener energía y alimento de un entorno anaerobio (libre de O₂) y probablemente bastante caliente. Se piensa que se alimentaban de CO₂, que

por entonces era *trending topic* en la atmósfera, y que usaban el H_2 como combustible energético. Ojo aquí, porque con las nuevas baterías de hidrógeno pensamos que estamos innovando, pero nada más lejos de la realidad: las bacterias llevan haciéndolo millones de años y son las que han inspirado la creación de esta tecnología.

La hipótesis del árbol de la vida representa a LUCA como el origen de la vida, un árbol del que salen dos ramitas principales: las bacterias y las arqueas.

Durante todo ese tiempo, las bacterias produjeron grandes cantidades de compuestos orgánicos (que ahora nos forman y nos nutren), que con el tiempo se acumularon y propiciaron las condiciones necesarias para que apareciesen nuevas bacterias que se alimentasen de ellos, siempre de la mano del azar.

Como ya te he adelantado, las bacterias fotosintéticas fueron cruciales para cambiar las condiciones de la vida y aparecieron en este momento de evolución para poner la primera piedra de la Tierra tal y como la conocemos hoy, rodeada de una atmósfera rica en oxígeno que hace posible que tú y yo estemos aquí. Estos organismos utilizan la energía del sol para captar electrones de otras moléculas, que luego se convierten en energía útil para estas células y, con el oxígeno, oxidan elementos como el H_2 , para dar lugar a moléculas tan famosas como el H_2O , el agua. Con esa energía, mucho mejor aprovechada, fabrican grandes cantidades de productos orgánicos que son utilizados por otras formas de vida que antes no existían.

La evolución funciona así: el entorno va cambiando, ya sea por factores externos o por los propios organismos, y así otros seres vivos tienen la oportunidad de aparecer porque la probabilidad de que ocurra es mayor que antes al haber más cantidad de un compuesto dado. Esto provoca otro cambio y vuelta a empezar. Seguramente, las primeras bacterias que

hacían la fotosíntesis eran más del bando del azufre, por pura disponibilidad, pero, con el tiempo y los cambios del entorno, hace más o menos 3.000 millones de años, aparecieron bacterias que utilizaban el oxígeno, más similares a las que conocemos hoy: las cianobacterias, ¡famosísimas en el mundo de la microbiología! Esto permitió que las bacterias se diversificaran mucho más y surgiesen nuevas especies, lo que causó, junto con el aumento de oxígeno en la atmósfera, el mayor cambio en la historia de nuestro planeta.

Recuerda que todo esto ocurría bajo los océanos, ya que en la superficie era inviable por la radiación ultravioleta, mortal para las células y causante de grandes daños en el ADN. Y ahora te preguntarás: ¿Y en qué momento desapareció toda esa radiación y las bacterias pudieron salir a la superficie?

Cuando el oxígeno (O_2) recibe la radiación ultravioleta (UV) del sol, se convierte en ozono (O_3), que es capaz de absorber esa radiación gracias a su estructura molecular. Esta transformación crea una barrera de protección de la superficie de la Tierra frente a gran parte de la radiación UV solar. Por eso antes de que existiera era imposible vivir al aire libre y la vida se limitaba a los océanos o al subsuelo. Se cree que la capa de ozono empezó a formarse hace 2.000 millones de años, unos cuantos después de que apareciese el oxígeno en el planeta, momento a partir del cual todo cambió.

Recuerdo muy bien el día que nos explicaron esto en clase de Ciencias de la Tierra. La verdad es que me costaba creer que un simple gas, muy similar al que respiramos, fuese el determinante de que podamos vivir en la Tierra. Y es por esto también que los agujeros en la capa de ozono nos llevan preocupando desde hace muchísimos años, pues, sin ella, estaríamos más secos que un ajo.

LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES MÁS PRIMITIVAS: DE BACTERIA A CÉLULA COMPLEJA

Antes de contarte cómo las bacterias dieron lugar a células más complejas, quiero hablarte sobre la evolución en sí. Darwin nos enseñó que las especies van evolucionando al adaptarse al medio y que las que mejor se adaptan sobreviven y se reproducen. Esto ocurre muy despacio y se conoce como «microevolución»: durante generaciones, se dan pequeños cambios aleatorios que conducen poco a poco a la especiación, si sale bien, o a la extinción, si el cambio azaroso juega en nuestra contra. Puedo explicártelo hablando de las personas miopes, como yo.

Tú dime a mí, con cinco dioptrías en cada ojo, ¿cuánto habría durado yo hace miles de años en medio de la sabana? Tres pelias, ya te lo digo. Porque, si me pongo a cazar alguna gacela, ya podría esperar cruzada de piernas y fumándose un cigarro a que yo acertase con la flecha... O, si no, a correr delante de un león: con la primera piedra, árbol o arbusto que encontrase, me iría al suelo y se acabó. Esto haría que yo no pudiese tener progenie. Por lo tanto, los miopes seríamos bichos raros dentro de la especie. Pues lo mismo con las bacterias; las características que proporcionan ventajas o desventajas son producto de mutaciones al azar en nuestro ADN o de la mezcla de los genes de nuestros progenitores.

Ni la microevolución ni la macroevolución, que se da cuando pasa mucho tiempo, se producen a una velocidad constante. En el registro fósil, se observa que el ritmo de la evolución se interrumpe periódicamente por explosiones de especiación forzadas por cambios bruscos ambientales, lo que se conoce como «equilibrio puntuado». Esta teoría, bastante aceptada, demuestra que el hecho de que, a nivel evolutivo, una especie esté muy lejos de otra (una cucaracha de un mono, por ejem-

plo) no proporciona ninguna información de cuándo se produjo esa divergencia. Una rayada. Porque en un principio puedes pensar: «Ostras, desde que apareció la cucaracha hasta que llegó el mono tuvieron que pasar un montón de años», pero quizá los separan menos de los que piensas.

Volviendo a las bacterias, quiero aclararte unos conceptos: son asexuales, es decir, no necesitan a nadie para reproducirse. Un día, deciden multiplicar su contenido (como si te pusieras tú a fabricarte otros pulmones, intestino, cabeza y corazón) y, cuando lo tienen todo listo, se dividen, pasando de ser una a ser dos. Y, ojo, esto en veinte minutos, eh, no necesitan más. Tienen un trocillo de ADN libre por toda la célula, con algún orgánulo (los *órganos* de las células) que las ayuda a hacer sus funciones, pero, comparadas con nuestras células, son bastante sencillitas y forman parte del grupo de los procariontes (de esto hablaremos después).

Por lo tanto, al reproducirse ellas solitas, su capacidad para evolucionar está limitada: no tienen dos progenitores de los que obtener variabilidad. Dependen de las mutaciones que se dan en el material genético al azar o de la transferencia lateral de genes, que no es más que el intercambio de genes entre bacterias, que en muchos casos es el motivo de la resistencia a los antibióticos. Se dividen muy rápido, tienen pocos mecanismos de corrección de errores en el ADN y, encima, se ponen a mezclar material genético entre ellas a tutiplén, lo que provoca que su evolución sea relativamente rápida y sepan adaptarse a cualquier medio. Y, ya si pensamos en la cantidad de millones de años que nos llevan de ventaja, apaga y vámonos.

Hasta hace 2.000 millones de años, todas las células carecían de núcleo, esa habitación independiente que tienen nuestras células para guardar el ADN. Debo recordarte de tus clases de Biología que la diferencia entre las células procariontes (las bacterias) y las eucariotas (las tuyas) es que las pri-

meras no tienen núcleo, mientras que las segundas sí. Esta compartimentación extra se considera un nivel más de complejidad, por lo que las células eucariotas aparecieron más tarde que las bacterias, obvio. La complejidad es evidente también, ya que el núcleo no es el único orgánulo que está rodeado de una membrana: también la tienen las mitocondrias (los pulmones celulares) o los cloroplastos (los encargados de la fotosíntesis).

Pero ¿cómo pasaron las sencillas bacterias a ser células, con sus compartimentos y orgánulos complejos? Pues te lo voy a explicar, pero antes de nada quiero que sepas que esto sigue siendo una hipótesis, porque demostrar el pasado en el presente es bastante difícil, y un talón de Aquiles de este tema es cómo apareció el núcleo y en qué momento.

Volviendo a la transformación de bacteria a célula eucariota, tenemos que situarnos en un planeta Tierra en el que cada día aumentaban más los niveles de oxígeno, lo que estimuló el desarrollo de nuevas formas de vida. Aunque el origen de las células eucariotas no está claro, los microfósiles más antiguos con núcleo reconocible tienen unos 2.000 millones de años y los de algas un poquito más complejas con agrupaciones de células, unos 1.900. Como mínimo, hasta hace seiscientos millones de años, ya con una cantidad de oxígeno igual que la actual, no surgieron en los océanos grandes organismos multicelulares, lo que indica que las células eucariotas fueron capaces de diversificarse muchísimo en un período muy corto de tiempo, en comparación con el de la evolución anterior, y dar lugar a los antepasados de las algas, plantas, hongos y animales de hoy.

No obstante, algo tuvo que pasar para que se produjera ese cambio de procariota a eucariota. La hipótesis más aceptada para explicar la aparición de orgánulos es la endosimbiosis. ¿Qué te parece el nombrajo? Uno más de los miles que le gusta poner a la comunidad científica. Esta hipótesis, pro-

puesta por la bióloga Lynn Margulis, defiende que, antes de ser lo que son ahora, las mitocondrias y los cloroplastos eran bacterias independientes que vivían haciendo funciones similares a las actuales: obtener energía por medio del oxígeno y la fotosíntesis. ¿Y cómo llegaron estos orgánulos a formar parte de las células? Pues siendo engullidos, firmando una especie de acuerdo entre las dos, eso que conocemos como «simbiosis», gracias a la cual ambas partes salen ganando. Más o menos, como sucede con los millones de bacterias que tienes en el cuerpo: ellas se aprovechan de ti, pero tú de ellas también.

Esta teoría se sustenta en dos pilares importantes: tanto la mitocondria como el cloroplasto son orgánulos con su propio ADN y ribosomas (recuerda que estos últimos son los técnicos del IKEA montándote la proteína). Esto nos lleva a pensar que, antes de estar dentro de una célula, eran bacterias independientes. Además, estos ribosomas y ADN son muy similares a los de las bacterias, y esto ya sí que no puede ser casualidad.

Las células eucariotas parecen ser una mezcla de las dos primeras especies que aparecieron en la Tierra: las bacterias y las arqueas. Sin embargo, no está claro si fue antes el huevo o la gallina, es decir, si primero apareció el núcleo y luego ocurrió la endosimbiosis o al revés, y sigue siendo bastante difícil de saber ahora mismo. En el primer caso, el núcleo sería el resultado de esa experimentación de la evolución: la célula primitiva era tan grande y difícil de gestionar que, por azar, surgió ese compartimento y lo hizo todo más sencillo. La segunda hipótesis plantea que hubo un momento de simbiosis entre una bacteria, que luego sería la mitocondria, y una arquea, que sería la célula hospedadora. Así, el núcleo habría aparecido una vez que los genes de la bacteria se transfirieron a la arquea.

Desde luego, esto de la evolución no es moco de pavo, por

DATO CURIOSO

La herencia de nuestras madres: las mitocondrias

Si de algo podemos estar orgullosas las madres es de que las mitocondrias que tienen nuestros hijos e hijas proceden de nosotras sí o sí. Así que, si eres madre y alguna vez te dicen que el niño es clavado al padre, piensa que eso está muy bien, pero que la maquinaria que le da energía es cien por cien tuya, y eso es indiscutible. Algún consuelo hay que buscar...

El óvulo, cuando va a ser fecundado, es una célula completa (o casi), con todos sus orgánulos y la mitad de su ADN. El espermatozoide también lo es antes de interaccionar con el óvulo, pero, cuando llega a su membrana, en el interior solo deja el material genético, mientras que el resto (donde están las mitocondrias) queda fuera y se destruye. De hecho, el espermatozoide tiene mogollón de mitocondrias para mover durante tantísimas horas el flagelo (la colita), pero son como una pila desechable: cuando acaban su trabajo, van a la basura.

Por eso, todas las células que se forman a partir del óvulo son hijas de las mitocondrias maternas y el ADN que llevan estos orgánulos en su interior también. Actualmente, el ADN mitocondrial es una herramienta para diagnosticar enfermedades hereditarias por parte de la madre muy potente y cada día proporciona nueva y valiosísima información sobre su importancia en el organismo. Eso sí, unos años atrás, las investigaciones mostraron que, en casos muy raros, se cuela alguna mitocondria del padre, lo que provoca que haya genes duplicados; así, si bien antes se pensaba que era problema de la mitocondria materna, ahora se sospecha que es producto de la mezcla de las mitocondrias del padre y de la madre. Así que aquellas madres cuyos hijos no se parecen a ellas ni en el blanco de los ojos pueden encontrar consuelo en este hecho.

lo que cada día hay investigadores que intentan arrojar luz al respecto. Además, gracias a los avances en la tecnología, podemos analizar secuencias genómicas con mucha más precisión, que nos dan mucha información sobre ella, pero esto da para otro libro.

Solemos pensar que la evolución hace que los organismos vayan aumentando su complejidad con el tiempo y que, cuanto más complejidad, mejor, pero esto es un error y te voy a explicar por qué. En realidad, la evolución es un tira y afloja y los cambios que se producen dependen totalmente del ambiente, por lo que la pérdida de alguna función en un ambiente determinado puede resultar beneficiosa.

Existe una teoría para explicar esta pérdida de funciones, muy común en las bacterias, que da lugar a una dependencia entre las comunidades microbianas: la hipótesis de la reina negra. Este nombre tan peculiar hace referencia a un juego de cartas francés en el que puedes ganar de dos formas distintas. Una de ellas es evitar quedarte con la reina de picas, para lo que tienes que perder el máximo número de cartas posible. La segunda es ganar todas las bazas y quedarte con todas las cartas, incluida la reina negra.

Esta hipótesis plantea que algunos mejoran en la evolución (es decir, ganan) perdiendo genes específicos que les dan ventajas, mientras que otros lo hacen quedándose los todos. ¿Y esto cómo se explica? Imagina una colonia de bacterias, igual que las que tenemos de gatos por la ciudad, en la que todas viven en armonía. Del mismo modo que hay quien echa pienso a los mininos, existen unos genes que crean moléculas con las que «se alimenta» el metabolismo de las bacterias. Si la bacteria permanece en esa comunidad, la selección natural se relajará y dejará de producir aquellos genes que ya obtiene desde fuera.

Imagínate que a los gatos les están dando un compuesto que ellos mismos podrían generar. Al final su cuerpo dirá «para

qué voy a perder energía fabricando esto si me lo dan desde fuera» y dejará de producirlo. Esto hace que los genes que eran esenciales antes de formar parte de esa comunidad dejen de serlo para algunos miembros.

Así, cada vez son más los organismos que van perdiendo funciones (con cada generación) y desarrollan dependencia de la comunidad, pero esto les da una ventaja evolutiva: el ahorro de energía, aunque se lo juegan todo a una carta (nunca mejor dicho), pues serían incapaces de crecer si se separasen de esa comunidad. De esta forma, las comunidades microbianas cada vez tienen más dependencias a lo largo del tiempo. Sin embargo, aquellos organismos que mantienen todas las funciones esenciales (que recurren a la estrategia de quedarse con todas las cartas), aunque tienen que asumir costes energéticos muy altos, serían capaces de colonizar nuevos hábitats mucho mejor, al tener todas las funciones disponibles y de forma independiente.

Esta hipótesis está muy relacionada con la resistencia a los antibióticos, ya que, en muchos casos, son las propias bacterias las que se van transfiriendo los genes entre ellas y actúan como una comunidad en la que aquellas que juegan todas las cartas ayudan a las más dependientes a hacerse fuertes frente a algo que puede matarlas.

Después de este repaso por la evolución y el origen de la vida, vamos a darles el protagonismo que se merecen a las actrices principales de este libro: las bacterias.

Se trata de microorganismos microscópicos, llenos de buenas o malas noticias, capaces de transformarse en fábricas casi de cualquier molécula y adaptarse a cualquier medio rápidamente, y todo esto con una estructura asombrosamente sencilla formada por una única célula. Aún existen miles de incógnitas en torno a ellas, puesto que hay muchísimos tipos, de los cuales solo hemos sido capaces de cultivar en laboratorio el 1 %. Sin duda, con tantos años de ventaja en este

planeta, las bacterias nos aportan infinidad de información y herramientas útiles para nuestra vida, pero, antes de verlo, te voy a explicar con detalle qué son, cómo son y cómo se clasifican, o más bien cómo las clasificamos los humanos.