

**WELCOME TO THE MICROBIOME
GETTING TO KNOW THE TRILLIONS
OF BACTERIA AND OTHER MICROBES IN,
ON, AND AROUND YOU**

Rob DeSalle y Susan L. Perkins.
Yale University Press, 2016.

Microbioma

Compañeros inseparables e imprescindibles

Hay más microorganismos en nuestro interior que estrellas tachonan la Vía Láctea. Astronómica es también su diversidad, con la peculiaridad de que las microbios que nos acompañan en nuestros primeros años varían de las presentes en nuestra edad adulta. El estudio de las interacciones entre microorganismos y cuerpo humano configura una nueva rama de la ciencia que está experimentando un espectacular desarrollo y de la que se espera que revolucione la medicina. De ella se ocupa el libro.

Se pone el foco sobre las comunidades microbianas, y sus genes, que viven en el organismo: el microbioma. Guarda esta una relación estrecha y compleja con procesos biológicos básicos del ser humano (digestión, crecimiento e inmunidad). A la manera de los ecosistemas avanzados, esa constelación de microorganismos pertenece a especies que cumplen diferentes funciones [véase «El ecosistema microbiano humano», por Jennifer Ackerman; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, agosto de 2012; y «Nuestro segundo genoma», por Francisco Guarner; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, diciembre de 2012]. Cuando una especie crítica inicia su declive, arrastra consigo a todo el ecosistema; pensemos en la relación del cuerpo humano con *Helicobacter pylori*, responsable de las úlceras pépticas, o en la vinculación de la obesidad con la flora bacteriana del tracto gastrointestinal.

De la mano de Rob DeSalle y Susan Perkins vamos recorriendo los distintos hábitats de nuestro cuerpo que dan cobijo a los microorganismos, billones de bacterias y otros microorganismos instalados en la piel, la boca, las zonas genitales y, sobre todo, los intestinos. Los humanos no son islas fisiológicas que regulen su propio

funcionamiento interno. La mayoría de las células de nuestro cuerpo no son humanas. Las colonias que residen dentro del tracto gastrointestinal ejercen efectos de largo alcance sobre la salud. Los autores detallan el proceso entero de evolución y la bioquímica de las interacciones.

Sin microbioma, ni plantas ni animales sobrevivirían. Pese al puesto central que ocupan en la vida de la Tierra, sabemos muy poco sobre los mecanismos de interacción de los microorganismos entre sí, con quienes les dan hospedaje y con su entorno. Aunque las técnicas de secuenciación de ADN han permitido una nueva visión de la ubicuidad y diversidad de los microorganismos, arrojan escasa luz sobre la función y dinámica de la comunidad. Podemos caracterizar cientos de muestras a la vez, pero se echa a faltar una comprensión sistemática de lo que determina la diversidad y composición del microbioma.

Una diferencia importante entre macro- y microorganismos estriba en la capacidad de transferencia génica horizontal de estos últimos. Diferentes personas pueden presentar especies microbianas distintas, pero cada individuo tiende a portar el mismo conjunto clave de especies en el curso de largos períodos. Cada especie de bacteria comensal presenta una característica distintiva: la versión única de un gen (el gen del ARN ribosómico 16S) que codifica cierta molécula de ARN en los ribosomas. Todos los humanos poseemos un microbioma desde muy temprana edad, aunque nazcamos sin él. Cada individuo adquiere del entorno su propia comunidad de comensales.

Los autores introducen el tema desde una perspectiva evolutiva y subrayan que nuestra especie ha tenido a los microorga-

nismos por compañeros de viaje en su larga prehistoria. El antepasado común de toda vida celular, humana y microbiana, apareció hace unos 3500 millones de años en forma de microorganismo unicelular sin membrana nuclear que encerrase el material genético. Hará unos mil millones de años, ese precursor adquirió una membrana nuclear. Su trayectoria evolutiva había divergido de todos los demás microorganismos unicelulares. Muchos linajes se extinguieron. Otros sobrevivieron; entre ellos, el que conducía a nosotros. Se produjo una explosión de vida multicelular de complejidad creciente. Hubo un aspecto, sin embargo, que no cambió: los microorganismos unicelulares prosiguieron en larga asociación con criaturas multicelulares.

Hace cien millones de años, nuestro antepasado era un micromamífero que convivía con dinosaurios, colonias de insectos y plantas. Y, sobre todo, con numerosas especies de microorganismos. Más tarde, hace diez millones de años, nuestro antepasado era ya un primate, refugio de innumerables microorganismos instalados en su tracto gastrointestinal, repliegues, cavidades y superficie pilosa. Hace un millón de años, nuestros antepasados deambulaban erguidos y habían perdido parte de su protección pilosa, pero seguían viviendo con numerosos microorganismos en su interior. Había unas seis especies de humanos que caminaban erguidos; cada una presentaba su propio cuadro de microorganismos en coevolución con ella. Hasta hace unos cien años no empezamos a vislumbrar el mundo escondido de los microorganismos. Se disponía de vacunas para determinadas enfermedades, Louis Pasteur había desarrollado métodos de esterilización y Robert Koch había descrito la forma en que los microorganismos causan infecciones.

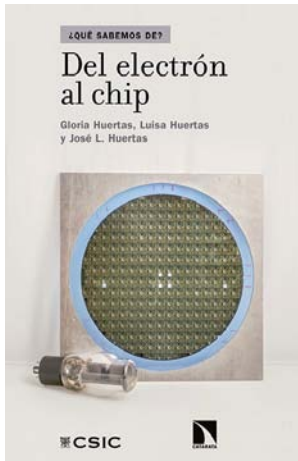
Hasta hace solo unas tres décadas, los científicos creían erróneamente que había dos tipos básicos de células en el planeta: procariontes (organismos sin membrana nuclear) y eucariontes (organismos con membrana nuclear). En los ochenta del siglo pasado, Carl Woese estableció la existencia de tres clases principales de células: arqueobacterias, eucariontes y bacterias. Hace algo más de diez años, en torno al cambio de milenio, el legado de Pasteur y Koch eclosionó en un nuevo campo científico de enorme potencia. Se impusieron los antibióticos, antivirales y minuciosos análisis clínicos de microor-

ganismos. Se había descifrado la estructura del ADN y del código genético. Por si eso no fuera bastante, hay que pensar en los virus. Entre los de tamaño menor se cuentan los virus de la gripe, con ocho genes, y los papilomavirus, causantes del

cáncer cervical, que constan también de ocho genes. En el extremo opuesto, los *Mimivirus* alcanzan hasta el millar de genes. Por no mencionar el *Pandoravirus*, con 2200 genes, más que algunas bacterias y arqueobacterias. Gracias a

los virus se secuenciaron los primeros genomas enteros de microorganismos [véase «Un siglo de bacteriófagos», por Forest Rohwer y Anca M. Segall, en *este mismo número*].

—Luis Alonso



DEL ELECTRÓN AL CHIP

Gloria Huertas, Luisa Huertas y José L. Huertas.
Los Libros de la Catarata - CSIC, 2015.

Nuestro momento histórico

La evolución tecnológica podría definir el momento histórico que estamos viviendo

¿Quiere saber la historia que hay detrás del dispositivo con el que posiblemente esté leyendo esto? ¿Quiere conocer a los protagonistas del desarrollo de la tecnología actual? En ese caso, *Del electrón al chip* es su libro.

La obra supone un repaso a la historia de la tecnología moderna. Desde el punto de vista del corazón de todo aparato electrónico a nuestro alcance, este no es otro que el transistor. Pero el libro no olvida sus antecedentes, como las válvulas de vacío, e incluso repasa la historia de los protagonistas que llevaron al descubrimiento del electrón.

El libro, dividido en 11 capítulos, comienza con los primeros experimentos que se llevaron a cabo para entender qué era el electromagnetismo. Es realmente curioso que, aun sin comprender muy bien qué era, e incluso sin conocer todavía el electrón, el fenómeno ya se explotase de manera comercial, sobre todo con la iluminación, la cual comenzó a finales del siglo XIX.

Una vez explicado el establecimiento del electromagnetismo por parte de grandes científicos como Faraday o Maxwell, se realiza un repaso de la evolución de las comunicaciones, así como de la aparición de la radio y de las telecomunicaciones sin cables.

Si estos capítulos iniciales son fascinantes, a partir del capítulo 6 comien-

za la alucinante historia del transistor, una historia que debería conocer todo el mundo. En estos capítulos se introduce al lector en la tecnología que hay detrás de la miniaturización de los componentes electrónicos, clave para entender el desarrollo tan rápido que ha tenido la tecnología actual. Porque, como muy bien indican los autores, lo que hoy es normal era auténtica ciencia ficción hace 60 años. ¿Se imagina almacenar vídeos con discos magnéticos de 1,4 Mb o navegar por YouTube con su viejo módem a 14.400 bits por segundo? (Y de esto no hace 60 años, sino menos.)

Tampoco falta un último capítulo dedicado al futuro de la tecnología, ya que la conocida como ley de Moore (la ley empírica que afirma que el número de transistores se duplica aproximadamente cada dos años) está llegando a su límite [véase «Más allá de la ley de Moore», por John Pavlus; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, julio de 2015]. En este capítulo se presentan los problemas a los que se enfrenta el desarrollo tecnológico y se proponen algunas soluciones.

El libro es un recorrido fascinante por el desarrollo del *hardware* que soporta toda esta tecnología a la que tan acostumbrados estamos actualmente y que ha supuesto un gran impacto social, quizá más incluso del que somos conscientes. Citando a los autores: «La

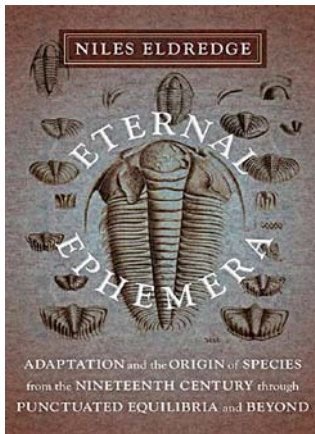
electrónica ha evolucionado en algo más de cien años hasta trascender su papel como ciencia y tecnología y convertirse en una seña de identidad del momento histórico presente. Esto lo ha conseguido para proporcionarnos una extraordinaria capacidad de comunicación y unas enormes posibilidades de cómputo, todo ello puesto al alcance de nuestra mano en forma de terminales muy accesibles y manejables».

En definitiva, un libro bien estructurado que, en cuanto a divulgación, tiene varios niveles de lectura. El lector formado en estos temas encontrará multitud de detalles históricos interesantes, además de entender más profundamente algunos pasajes del libro y de visualizar la dificultad del desarrollo de la tecnología. Para el no iniciado, se le ofrecerá un marco perfecto para entender el momento histórico presente y cómo se ha llegado hasta él, sin olvidar que conocerá a prácticamente todos los personajes históricos clave que han hecho posible que lleve en su bolsillo un instrumento capaz de comunicarle con cualquier parte del mundo y de mostrarle la información que necesite esté donde esté.

Según los autores, su intención era la siguiente: «Hemos pretendido dar una idea de la evolución histórica de la electrónica, una ciencia-fenómeno que ha crecido casi con nosotros, impactando decisivamente en nuestros modos de vida, pese a lo cual es poco conocida». Este objetivo creo que se ha cumplido con creces.

Se trata de un libro muy fácil de leer, con profusión de notas y referencias que harán las delicias de aquel que quiera profundizar en alguno de los puntos tratados. Además, como hemos comentado, permite una lectura a varios niveles de profundidad dependiendo del nivel de conocimientos del lector, algo muy de agradecer.

—Francisco Javier Martínez Guardiola
Instituto Universitario de Física
Aplicada a las Ciencias y las
Tecnologías, Universidad de Alicante



ETERNAL EPHEMERA
ADAPTATION AND THE ORIGIN OF SPECIES
FROM THE NINETEENTH CENTURY THROUGH
PUNCTUATED EQUILIBRIA AND BEYOND

Niles Eldredge. Columbia University Press, 2015.

Darwiniana

Teorías que conformaron la biología evolutiva

Juego de paradojas a propósito del concepto biológico de especie en el título de este libro, *Eternal ephemera*. Juego aparente, pues las especies que se dirían eternas en su naturaleza son en realidad efímeras. Todos los organismos y todas las especies son temporales, pero la vida perdura. Del origen, evolución y extinción de las especies —interconectadas en la red de la vida como «efímeros eternos»— se ocupa la biología evolutiva. Pero ¿nacem y mueren, aparecen y se extinguen en verdad? No es cuestión baladí. De hecho, constituye el centro de la inquisición biológica desde hace más de 150 años.

Niles Eldredge, paleontólogo adscrito al Museo Americano de Historia Natural, autor de *Life in the balance* (Princeton University Press, 1998), *The pattern of evolution* (W. H. Freeman, 1999), y *The triumph of evolution... and the failure of creationism*, (W. H. Freeman, 2000), escribe ahora un viaje autobiográfico sobre la evolución del concepto de evolución. Con Stephen Jay Gould esbozó la teoría del equilibrio puntuado, avanzada a comienzos de los setenta. De una manera sumaria, esa hipótesis sugiere que las especies se transforman muy poco en el curso de su existencia (tiempo medido a escala geológica), pero, cuando se produce el cambio, este acontece muy rápidamente y despliega ramas del árbol evolutivo con brote de especies nuevas. Integra la teoría de la especiación geográfica con la explicación empírica de la estasis. (La estasis es la pauta común, predominante, de estabilidad de las especies que sobreviven a lo largo de períodos prolongados una vez han aparecido en el registro fósil.)

La hipótesis del equilibrio puntuado abrió el acceso a las discontinuidades en la evolución. Darwin, partidario de que *natura non facit saltum*, afirmaba que

la evolución constituía un proceso continuo. La biología molecular ofrece, sin embargo, numerosos ejemplos en los que un solo cambio de una base de un gen o algunas mutaciones bastan para transformar drásticamente las propiedades de la proteína codificada. El cambio de un solo aminoácido en el canal de sodio puede aportarle al pez globo resistencia ante una de las toxinas más poderosas, la tetrodotoxina de origen bacteriano.

A los orígenes de la realidad de la evolución se aproximaron Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon (1749-1804), y su *Histoire naturelle, générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roi*, la cual influyó en Georges Cuvier y Jean-Baptiste Lamarck. De interés también fue la *Zoonomia* (1794-1796) de Erasmus Darwin, introductor del concepto de selección natural. En el trasfondo, la sombra de Isaac Newton y su defensa de las causas naturales para explicar los fenómenos naturales. Los primeros evolucionistas buscaban una explicación causal natural para el origen de las especies actuales. Lamarck abordó en 1801 la relación entre conchas fósiles y las especies actuales emparentadas y presentó la primera hipótesis sobre el mecanismo de especiación: la transformación evolutiva. En el sistema de Lamarck, las especies no se extinguen, se transforman paulatinamente a través de las progenies hasta alcanzar los biota modernos.

En 1814, el geólogo italiano Giambattista Brocchi publicó una interpretación diferente sobre el origen de las especies. Sostenía que estas eran como los individuos, sujetas a una explicación causal natural de su nacimiento y muerte. Las especies aparecían y desaparecían como reflejos de hechos discretos; las descendientes sustituían a las precedentes, asemejándose cada vez más a las actuales.

Para Lamarck, la vida era un progreso continuo desde un progenitor simple hacia estadios de creciente complejidad; cada grupo de organismos recorría su propia trayectoria evolutiva, en constante transformación. Las especies constituían meras instantáneas arbitrarias de algo que se encuentra en camino de convertirse en otro ser; si parecen estables, se debe al carácter incompleto del registro fósil. Para Brocchi, las especies nacían y morían para ser reemplazadas por otras nuevas. En este caso, el registro fósil se percibe como un reflejo preciso de la especie que llega y desaparece en virtud de la especiación y de la extinción, pero que apenas cambia en el transcurso del tiempo. (La pauta general de la progresiva modernización de la fauna fue reconocida por los primeros naturalistas, incluidos a los que se oponían a una explicación evolutiva, como Cuvier.)

Lamarck y Brocchi desarrollaron sus ideas iniciales a través de estudios sobre moluscos fósiles del Cenozoico, de hace unos 65 millones de años. El advenimiento de la fauna moderna, contemplada como la sustitución de especies dentro de géneros en los moluscos marinos, fue la cuna donde nacieron los rudimentos de la teoría evolutiva. Charles Lyell estimó, en su segundo volumen de los *Principles of geology* (1832), que las especies se originaban y extinguían a una tasa del uno por ciento. No era la suya una perspectiva filogenética. Pensaba que no podía aparecer una especie de carnívoro nueva hasta que se desarrollase la especie de presa.

En Edimburgo, en la década de 1820, merecieron atención las ideas de Lamarck y de Brocchi. El debate apareció en el *Edinburgh New Philosophical Journal*. La geología inglesa advirtió el gradiente de formas fósiles progresivamente más cercanas a las existentes y no se mostraba renuente a aceptar la tesis transformista. En 1825, Robert Grant y Robert Jameson enseñaron la nueva doctrina al joven Darwin, alumno de medicina. Con ese bagaje, zarpó en 1831 a bordo del *Beagle*.

El aprendizaje del análisis científico, historia natural y pensamiento transformista lo continuó Darwin en Cambridge, donde terminó su educación formal a finales del decenio de 1820. Allí conoció el libro de John Herschel *Preliminary discourse on the study of natural philosophy*, que abundaba en la idea newtoniana de buscar explicaciones naturales a los fenómenos naturales. Darwin declaró que esa obra y *Travels to the equinoctial regions of the New Continent* (1819-1829), de Von

Humboldt, fueron las que le indujeron a consagrarse a la ciencia.

A través de notas geológicas, notas zoológicas, diarios y cartas enviadas a su profesor de botánica, John Stevens Henslow, y a miembros de su familia desde el *Beagle*, emerge un cuadro de las posibilidades de la transformación desde sus experiencias formativas iniciales con los fósiles y especies vivas que encontró.

Darwin pensaba que había hallado pruebas de la sustitución de una especie extinta cuya descendencia seguía viviendo en América del Sur. Entonces comienza a entender la sustitución geográfica como intrínsecamente aliada de las especies en los biota modernos. Patrick Matthew, interesado en las extinciones en masa, indicó a Darwin y a Alfred Russel Wallace la potencia de la selección natural. (Wallace no recibe la atención que merece, no menor que la de Darwin.) El trabajo de Wallace en el archipiélago de Malaya va asociado a la distribución geográfica de especies, aislamiento insular crítico para que una población separada evolucione hacia especies diferentes.

En 1834, en las Malvinas, y sobre todo en 1835, en las Galápagos, Darwin observa pautas de sustitución de especies continentales por isleñas. Recoge pruebas de la sustitución de especies fósiles y su parecido creciente con las especies vivas. Una vez entró en juego la adaptación con los cuadernos de viaje de Darwin sobre la transmutación, avanzados los años treinta, la cuestión pasó a ser: ¿qué relación existe entre el origen de las especies y el cambio adaptativo promovido por la selección? ¿Son las nuevas especies un subproducto del cambio evolutivo adaptativo? Darwin vincula la adaptación con dos escenarios: especiación en aislamiento, por un lado, y cambio gradual progresivo, por otro. Al optar, toma por regla general el cambio gradual evolutivo.

En su *Ensayo* de 1844, Darwin ciñe ya el aislamiento geográfico a las islas. En 1859 abre el *Origin of species* con esas pautas. Parte de las palomas y otras especies domésticas como ejemplos claros de que había una fuerza selectiva que causaba cambios en la forma, color y conducta de los animales. Las especies acometían cambios constantes en el tiempo. ¿Cómo acontecía la especiación?

Las respuestas configuraron la biología de comienzos del siglo XX. La teoría de la mutación de Hugo de Vries proponía explicar la especiación como el producto de un cambio genético rápido durante

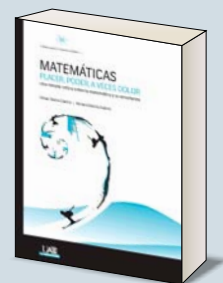
períodos de mutación. Esa fue la idea inspiradora del trabajo de Thomas Morgan en Columbia y de la fundación del laboratorio de Cold Spring Harbor. En 1935, Theodosius Dobzhansky sugería que la evolución había dependido de la discontinuidad en mayor medida que de la continuidad. Dobzhansky y Ernst Mayr resaltaron la función determinante de la especiación geográfica.

La importancia del aislamiento geográfico fue recuperada por Dobzhansky en un breve artículo publicado en 1935, seguido, dos años más tarde, de *Genetics and the origin of species*, donde la teoría de la especiación alcanza un rango en el pensamiento evolutivo moderno. Dobzhansky tomó la existencia de las especies al pie de la letra. Afirmaba que las mutaciones en los organismos producen discontinuidades: formas alternativas discretas, o alelos. Pero, en las poblaciones, la continuidad es la regla; las frecuencias alélicas en el seno de las poblaciones pueden ser gradualmente modificadas entre generaciones a través de la selección natural y la deriva genética. Dobzhansky opinaba que, mientras que cierta variación es necesaria dentro de una especie para mantener la flexibilidad, para evitar la extinción deberán cambiar las condiciones ambientales; los organismos se hallan adaptados a un conjunto de condiciones ambientales característico de cada especie. Cinco años después, Mayr, quien sostenía que las especies eran entidades reales, ponía en primer plano, en *Systematics and the origin of species*, la especiación alopatrica; la especiación geográfica ocupaba el corazón del proceso evolutivo.

En los años setenta se había impuesto el concepto de evolución como un proceso de cambio adaptativo a través de la selección natural a lo largo de períodos geológicos. La versión final de la hipótesis del equilibrio puntuado se redactó en 1972. Se funda en dos pautas empíricas: la sustitución de especies geográficas en los biota vivos y la estasis. Estasis es la observación de que las especies parecen ser bastante estables, a menudo durante millones de años. No había indicios claros del cambio lento y constante que Darwin había supuesto. La estasis constituía la refutación empírica de que la mayoría de los cambios evolutivos se fueran acumulando lentamente en el tiempo. Los teóricos del equilibrio puntuado atienden a la especiación geográfica como el campo donde puede darse la selección generadora de cambio adaptativo.

—Luis Alonso

NOVEDADES



MATEMÁTICAS: PLACER, PODER, A VECES DOLOR UNA MIRADA CRÍTICA SOBRE LA MATEMÁTICA Y SU ENSEÑANZA

César Sáenz Castro y Xenaro García Suárez

UAM Ediciones, 2015
ISBN: 978-84-8344-491-7
264 págs. (17,10 €)



LA COCINA DEL FUTURO COCINA, CIENCIA Y SALUD

Pere Castells
Tibidabo Ediciones, 2016
ISBN: 978-84-9117-203-1
264 págs. (17 €)



SIETE BREVES LECCIONES DE FÍSICA TODO LO QUE NECESITAS SABER SOBRE FÍSICA, EL UNIVERSO Y NUESTRO LUGAR EN EL MUNDO, EN SIETE BREVES LECCIONES

Carlo Rovelli
Anagrama, 2016
ISBN: 978-84-339-6400-7
104 págs. (12,90 €)