

**MAKING EDEN**  
**HOW PLANTS TRANSFORMED A BARREN PLANET**

David Beerling  
Oxford University Press, 2019  
272 págs.

## La vida vegetal y el futuro de la humanidad

*Historia de una singularidad evolutiva que cambió nuestro planeta para siempre*

La botánica, fuente de terapia durante siglos, famosa *scientia amabilis* de antaño y considerada hoy cenicienta de la biología, apenas llega al público general, y si lo hace es siempre por noticias preocupantes, mal explicadas y relacionadas por lo común con la extinción de especies. Por ejemplo, se informa de que la vinca rosada (*Catharanthus roseus*), especie endémica de Madagascar, se halla en peligro de desaparecer, lo mismo que el 30 por ciento de todos los cactus del mundo. Pero en el primer caso se silencia que la planta condujo a tratamientos clave para la leucemia infantil, y en el segundo se omite que la tragedia se debe a coleccionistas sin escrúpulos. Cierto es que Madagascar, uno de los países emblemáticos de la biodiversidad, perdió entre 1950 y 2000 el 40 por ciento de sus bosques.

*Making Eden* es una guía inexcusable para comprender el mundo en que vivimos y el futuro que nos espera. David Beerling nos invita a imaginarnos la Tierra antes de convertirse en un planeta verde, como lo llamó Ramon Margalef en un libro clásico publicado por la editorial de esta revista. Cuando las plantas no habían colonizado aún la tierra firme, el planeta era un lugar desnudo con tonalidades amarillas, pardas y grises, azotado por un viento que erosionaba las rocas. ¿Cómo se produjo el tránsito de ese mundo inerte y desolador a una eclosión de praderas verdes y bosques feraces, muchos de los cuales cubren todavía algunas regiones privilegiadas de la Tierra?

Beerling, profesor de ciencias naturales y director del Centro Leverhulme para la Mitigación del Cambio Climático de la Universidad de Sheffield, explica con minucioso detalle cómo unas especies pioneras, pequeñas y sin formas foliares se asen-

taron a orillas de pozas o lagunas a partir de algas de agua dulce. Iniciaron, hace unos 500 millones de años, un camino que las llevaría hacia la adquisición de tallos leñosos y hojas, la creación de arbustos y el desarrollo de bosques y praderas. Ese salto al continente se hizo de una vez por todas: una singularidad evolutiva que cambió el mundo para siempre. En ese tránsito, los hongos simbioses cumplieron una función transformadora. Las plantas no solo trocaron los colores de la Tierra, sino que alteraron también el clima y abrieron la puerta a la evolución de una amplia variedad de animales terrestres. Devinieron el sostén último de la biosfera y de todo lo que de ello se deriva. Sin plantas no existiríamos. Hoy, unos 7000 millones de personas dependemos de ellas para vivir y para conservar nuestra salud.

La aparición y espectacular diversificación de la vida vegetal en suelo firme reconfiguró el medio global y sentó las bases para todo lo que habría de seguir. Los continentes verdes de nuestros días son un legado evolutivo de acontecimientos originados en el alba de la vida. En vez de extraer energía de la química del agua del mar, como sus progenitores microbianos, las plantas aprovechan la energía solar que baña nuestro planeta. Dos tercios de esa radiación impacta en los océanos, donde promueve la fotosíntesis de las plantas marinas, en particular del fitoplancton. Con estas plantas microscópicas arranca la cadena trófica. El tercio restante irradia la superficie continental. Las hojas de bosques, praderas y cultivos captan esa energía solar para alimentar la fotosíntesis y sintetizar biomasa a partir de agua y dióxido de carbono.

Mediante la conversión de energía solar en energía química almacenada en

los compuestos de carbono orgánicos, las plantas operan en la naturaleza como unos transductores de energía maravillosos. Los herbívoros comen plantas y los carnívoros se alimentan de herbívoros. Cada grupo de animales extrae beneficios a medida que convierte inexorablemente las plantas en tejido animal. Por último, hongos y bacterias, protagonistas de la desintegración, emplean un repertorio inagotable de estrategias metabólicas de degradación para recabar las últimas migajas de esa energía.

Los estomas constituyeron uno de los factores responsables del éxito de las plantas en el medio continental. Esas bocas sutiles aparecen en el registro fósil millones de años antes que las raíces y las hojas. Exquisitamente adaptados al medio, los estomas adornaron los delicados renuevos de las primeras plantas continentales. Posibilitaron que las plantas controlaran la pérdida de agua que se evaporaba de células y tejidos, mientras que el dióxido de carbono procedía en sentido inverso para promover la fotosíntesis. Su advenimiento señaló el comienzo de un modo nuevo y radical de vida vegetal basado en la explotación del agua y los nutrientes obtenidos del suelo, lo que permitió el acceso a lugares nunca antes alcanzados. A través de cientos de millones de años, las plantas se han apoyado en los estomas empaquetados en sus hojas para respirar.

A diferencia de las plantas, motores verdes que transforman en materia orgánica la energía que necesita la vida para su desarrollo en tierra firme, ningún otro grupo de organismos agrega energía a la cadena alimentaria. Antes bien, todos la extraen. Los animales no pueden utilizar el dióxido de carbono de la atmósfera ni transformar la energía solar en energía química. Obtienen energía mediante la combustión de carbohidratos, los cuales las plantas fabricaron a partir de azúcares sintetizados durante la fotosíntesis. Sin plantas los herbívoros morirían de hambre, y sin estos desaparecerían los carnívoros. Sin ellas la cadena trófica se desplomaría y no quedaría nada para sustentar la vida en la Tierra. Ni mamíferos, ni primates, ni nosotros.

Las observaciones por satélite revelan que la productividad fotosintética del fitoplancton en los océanos, que sirve de alimento a los peces, viene a ser igual a la de las plantas en tierra firme. Pero esa productividad se está restringiendo y confinando a un tercio de la superficie del planeta. A

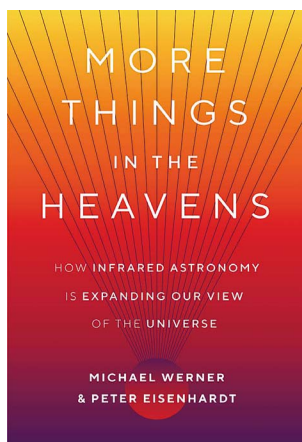
medida que nuestra actividad devastadora va recortando la biodiversidad vegetal, destruimos una riqueza que tardó millones de años en crearse. Con esa sobreexplotación corremos serio peligro de acabar con la existencia de la propia humanidad.

Por doquier, la biodiversidad vegetal está cayendo a velocidad alarmante y sin señales de freno. Plantas y animales vulnerables están desapareciendo de los inventarios de especies, una daga que amenaza al propio ser humano. Según

previsiones de las Naciones Unidas, en la Tierra habrá más de 9000 millones de personas en 2050 y 12.000 millones en 2100. ¿Cómo conseguir alimento, agua y energía para tantos individuos? Todos los rincones, todos los medios, han sufrido y siguen sufriendo la presión de nuestra especie. Unos 5000 millones de hectáreas de la superficie continental se han convertido en suelo agrícola, se ha perdido el 30 por ciento de la selva amazónica y el 14 por ciento de las áreas silvestres en

África. Al mismo tiempo, el 20 por ciento de las plantas vasculares de todo el mundo se encuentran en peligro de extinción. Por ahora, esa es la triste nota distintiva del nuevo tiempo en que nos encontramos, el Antropoceno, caracterizado por las profundas modificaciones que la humanidad ha ejercido en el planeta. ¿Será este también el tiempo de implosión de la humanidad, de su *big crash*?

—Luis Alonso



**MORE THINGS IN THE HEAVENS  
HOW INFRARED ASTRONOMY IS EXPANDING  
OUR VIEW OF THE UNIVERSE**

Michael Werner y Peter Eisenhardt  
Princeton University Press, 2019  
304 págs.

## El legado de la misión Spitzer

*Una historia incompleta de la astronomía  
infrarroja*

Al descubrir en 1800 la radiación infrarroja procedente del Sol, el gran astrónomo William Herschel proporcionó las primeras indicaciones de que el universo podía explorarse más allá de la luz visible. Se inauguraba así la era de la astronomía en múltiples longitudes de onda; es decir, la posibilidad de estudiar un mismo astro obteniendo información en diferentes dominios del espectro electromagnético.

El infrarrojo desempeña un papel clave en esos trabajos, pues permite acceder a regiones de las galaxias que de otro modo permanecerían ocultas. Por ejemplo, las pequeñas partículas de material sólido presentes en las nubes interestelares (los «granos de polvo») forman una pantalla que impide el paso de la luz visible pero que, en cambio, es transparente a la radiación de longitud de onda mayor, como la infrarroja. Más aún, el polvo interestelar emite su propia radiación en el infrarrojo, cuya detección hace posible diagnosticar la densidad y la temperatura del medio emisor. Por todo ello, la astronomía infrarroja se ha convertido en una herramienta fundamental para investigar los procesos de formación de estrellas, un fenómeno que

se desarrolla en las regiones polvorrientas de las nubes interestelares [véase «Formación estelar», por Erick T. Young; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, abril de 2010]. El infrarrojo reviste además utilidad en prácticamente todos los campos de la astrofísica moderna, desde los estudios del sistema solar hasta los de las galaxias más lejanas.

Todo ello se describe de manera muy detallada en *More things in the heavens*, de Michael Werner y Peter Eisenhardt, donde también se explica cómo la atmósfera terrestre apantalla las radiaciones infrarrojas de mayor longitud de onda (aquellas de más de unas 5 micras), lo que obliga a instalar esta clase de telescopios en el espacio. Los autores han dedicado treinta años de su vida a colaborar en el diseño, construcción y explotación científica del telescopio espacial Spitzer. Este pequeño instrumento de la NASA, dotado con un espejo de 80 centímetros de diámetro, iba provisto de buenos equipos de detección (cámara, espectrógrafo y fotómetro multi-banda), gracias a lo cual ha podido servir como observatorio de propósito general.

Apoyándose en numerosos ejemplos de observaciones realizadas por el Spitzer, los

autores recorren de manera muy amena pero rigurosa todas las grandes cuestiones de la astrofísica contemporánea: la formación de galaxias, el nacimiento de estrellas y planetas, el estudio de exoplanetas, la estructura de la Vía Láctea, las propiedades de los cuásares y los núcleos activos de galaxias, los modelos cosmológicos, etcétera. Todos los capítulos están magníficamente ilustrados con las imágenes y espectros obtenidos por el Spitzer, y las leyendas de las figuras son muy detalladas, lo que permite al lector apresurado recorrer el libro saltando de imagen en imagen. Especialmente espectaculares son las comparaciones entre las fotografías óptica e infrarroja de un mismo objeto (como una nebulosa o un cúmulo de galaxias), lo que deja patente la utilidad de la astronomía en múltiples longitudes de onda.

De las 300 páginas del libro, más de 80 están consagradas a apéndices, notas técnicas, bibliografía e índices: un material que abunda en detalles técnicos del telescopio Spitzer, sus modos de uso, la historia de su diseño y su construcción. Todo ello será de gran interés para el astrónomo que, habiendo utilizado este telescopio para algún proyecto, desee adquirir una visión general de la gestación de la misión y de sus resultados en los distintos campos de la astrofísica. Por su lado, el lector no especialista disfrutará más con la primera parte de la obra, dedicada a esa visión panorámica de la astronomía.

Lanzado en 2003, el Spitzer estuvo completamente operativo durante seis años. Algunas de sus observaciones constituyen un legado de valor incalculable, como los enormes mosaicos de cientos de miles de imágenes de la Vía Láctea, los cuales han proporcionado la visión infrarroja a gran escala más detallada de nuestra galaxia. Pasados esos seis años, sin embargo, el telescopio perdió el refrige-

rante y tuvo que comenzar a funcionar con limitaciones, lo que redujo su sensibilidad. Pero todavía sigue siendo útil, por lo que la NASA ha asegurado su operación hasta este año. No cabe ninguna duda de que ha sido un instrumento de gran éxito.

No obstante, el lector generalista que desee adquirir una visión amplia de la astronomía infrarroja debería ser informado de que el Spitzer no ha sido el único telescopio de este tipo de la historia, como casi parece desprenderse de la lectura del libro, en el que los autores olvidan dar los antecedentes. Apenas se mencionan las misiones del Satélite Astronómico Infrarrojo (IRAS, lanzado en 1983) y el Observatorio Espacial Infrarrojo (ISO, de 1995), ambas con una importante contribución europea y pioneras en el campo de la astronomía infrarroja espacial.

Pero, sobre todo, el libro tampoco menciona más que muy de pasada el gran telescopio espacial Herschel, de la Agencia Espacial Europea. Equipado con un espejo de 3,5 metros de diámetro (una superficie colectora 19 veces mayor que la del Spitzer), este instrumento fue lanzado al espacio el 14 de mayo de 2009. Coincidencias de la vida, el Spitzer agotaba su refrigerante

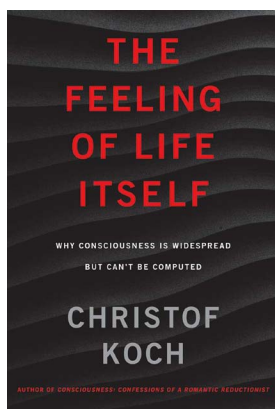
al día siguiente, de forma que el Herschel tomó el relevo y abrió una nueva época de descubrimientos completamente ignorados en este libro [véanse «El observatorio infrarrojo Herschel», de Paolo Saraceno y Anna di Giorgio, y «El universo invisible de Herschel», de Paolo Saraceno; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, febrero de 2013].

Es cierto que la obra está referida estrictamente a la historia y al legado del Spitzer. Pero eso no se refleja en el título ni en la portada, por lo que el lector poco advertido deberá informarse por su cuenta de que esta no es toda la historia de la astronomía infrarroja ni mucho menos. También se echa en falta una mención, que yo consideraría imprescindible, a otros resultados astronómicos recientes que completan y amplían los obtenidos en el infrarrojo. Pienso sobre todo en las investigaciones en ondas de radio, como las llevadas a cabo por el radiotelescopio gigante ALMA, en Chile, las cuales son de gran relevancia para muchas de las cuestiones tratadas en el libro.

En resumidas cuentas, *More things in the heavens* proporciona una descripción muy detallada de la misión Spitzer, cuyos resultados se aprovechan para ofrecer una

visión general del universo. Este objetivo, que evidentemente era el de los autores, está plenamente logrado. El lector que sea consciente de que se trata de una visión parcial y restringida a este proyecto de la NASA considerará muy provechosa su lectura. Sin embargo, muchos no especialistas y consumidores habituales de divulgación científica quizás desearían tener una visión más completa de la astronomía infrarroja. Para ello deberán ir más allá e informarse sobre las misiones europeas que han liderado este campo durante décadas. Querrán conocer los resultados del Herschel y, por supuesto, sentirán curiosidad por las nuevas misiones que ya se están preparando para el futuro, algo que tampoco se aborda en el libro. Un ejemplo prominente de estos nuevos proyectos es el Telescopio Espacial Infrarrojo de Cosmología y Astrofísica (SPICA), fruto de la colaboración entre las agencias japonesa y europea, el cual supondrá un nuevo paso adelante en esta maravillosa rama de la astronomía si, como mucho esperamos, acaba lanzándose en 2032.

—Rafael Bachiller  
Observatorio Astronómico Nacional



**THE FEELING OF LIFE ITSELF  
WHY CONSCIOUSNESS IS WIDESPREAD BUT CAN'T  
BE COMPUTED**

Christof Koch  
MIT Press, 2019  
280 págs.

**El sentimiento de estar vivo**

*La búsqueda científica del origen físico de la consciencia*

Christof Koch, presidente y director científico del Instituto Allen de Ciencias del Cerebro, en Seattle, ha escrito una obra de síntesis sobre el fenómeno de la consciencia, su principal tema de investigación desde su colaboración inicial con Francis Crick en los años noventa del siglo pasado. Este libro se suma a otros y a numerosos artículos de investigación y divulgación sobre la materia. En todos ellos, Koch busca una solución al problema de desentrañar qué une la experiencia consciente del dolor, la alegría, el co-

lor o el olor con la actividad bioeléctrica del cerebro: cómo un estado físico engendra uno no físico, subjetivo. Para deshacer ese nudo gordiano, Koch propone una teoría cuantitativa que comienza con la experiencia consciente y que procede hacia el cerebro. Una teoría que, es la tesis de este libro, se basa en el concepto de información integrada [véase «La teoría de la información integrada»; por Christof Koch; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, enero de 2018].

Antaño considerada predio de filósofos, la consciencia se convirtió en obje-

to de inquisición científica en manos de Crick, una pasión que le había ocupado antes incluso de dedicarse a descifrar el código genético y descubrir la estructura de doble hélice del ADN. Actores de ese cambio de paradigma fueron también Ned Block, David Chalmers, Stanislas Dehaene, Giulio Tononi, Wolf Singer y, por supuesto, el propio Koch. Para ello se apoyaron en métodos para detectar la actividad de neuronas individuales, en estudios clínicos y en técnicas de formación de imágenes que posibilitaron la investigación no invasiva del cerebro humano en acción.

El cerebro humano, un órgano de 1400 gramos, es una masa de tipo gelatinoso fácilmente deformable al tacto. Bajo ese aspecto anodino se esconde una extrema complejidad. Desde el punto de vista morfológico comprende una amplia diversidad de tipos celulares, generados en buena parte durante el desarrollo embrionario. Contiene del orden de 100.000 millones de neuronas y  $10^{15}$  conexiones, o sinapsis. Cartografiar dichas conexiones no es fácil. Disponer de semejante mapa, conocido como conectoma, resulta indispensable para modelizar *in silico* las operaciones cerebrales.

El sueño de todo neurocientífico es obtener un conectoma a nanoescala del cerebro humano completo, una utopía aún muy lejana. Hasta ahora solo se ha obtenido el conectoma de dos especies: del nematodo *Caenorhabditis elegans*, en 1986, y de la larva de *Ciona intestinalis*, un urocordado, en 2016. En el conectoma cerebral se hallan los correlatos neurales de la consciencia; esto es, los aspectos de la función cerebral que se modifican cuando se producen determinados cambios en la consciencia.

Todos tenemos un conocimiento intuitivo de la consciencia. Es lo que se desvanece en el sueño sin ensoñación y se restaura cuando nos despertamos o soñamos. Es lo que somos y lo que tenemos. Si perdemos la consciencia, perdemos nuestra identidad y el mundo entero se nos disuelve en la nada. Ahora bien, neurólogos y psicólogos coinciden en que se trata de algo huidizo. Hay quienes esperan alcanzar una explicación, pero otros se muestran más pesimistas. Ante esta situación, lo más apropiado parece ser acopiar el mayor número posible de datos sobre los correlatos neurales de la consciencia. Aunque también es posible

que lleguemos a saberlo todo sobre ellos y que, aun así, sigamos sin entender por qué determinados procesos físicos generan experiencias conscientes y otros no.

A la postre, la consciencia es un sentimiento de estar vivo. Muy extendida en el reino animal, no hay retazo alguno de ella en el mundo de la computación programable. Un robot puede detectar colores, sonidos o temperatura, pero la consciencia describe el sentimiento cualitativo que va asociado a tales percepciones junto con los procesos más profundos de reflexión, comunicación y pensamiento.

Las técnicas desarrolladas para medir la actividad cerebral han posibilitado la criba de teorías sobre la naturaleza de la consciencia, su constitución en el cerebro y los límites entre estar consciente e inconsciente. Al respecto puede mencionarse el caso de una joven de 23 años que en 2005 sufrió un accidente que la dejó en estado vegetativo sin capacidad de respuesta a los estímulos. Podía abrir los ojos y mostrar ciclos de sueño y vigilia, pero no respondía a las órdenes ni daba señales de movimientos voluntarios. Adrian Owen y sus colaboradores la examinaron con resonancia magnética funcional mientras le

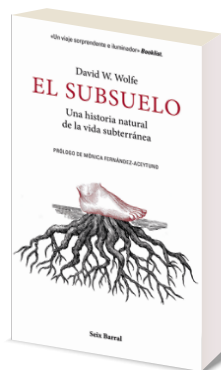
dictaban una serie de órdenes. Cuando le pidieron que imaginara participar en un partido de tenis, percibieron actividad en el área motora suplementaria del cerebro. Cuando le solicitaron que se imaginara deambulando por su casa, la actividad se avivaba en tres áreas cerebrales asociadas con el movimiento y la memoria. Los neurocientíficos registraron las mismas pautas en individuos sanos a quienes se les dictaron idénticas órdenes. El hallazgo de que las personas en coma mostraban signos de consciencia transformó la neurociencia.

De las múltiples teorías sobre la consciencia que se han avanzado en los últimos decenios, Koch ha contribuido al desarrollo de la teoría de la información integrada, esbozada originalmente por Giulio Tononi en 2004. Inspirada en el pansiquisismo, la teoría asigna a cada estado cerebral individual una forma o espacio en el que emerge la experiencia subjetiva. Un postulado esencial es que la consciencia depende de un sustrato material, pero no es reductible a él ni tampoco privativa del ser humano.

—Luis Alonso

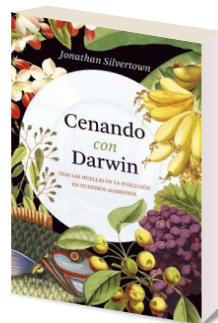
## NOVEDADES

Una selección de los editores de *Investigación y Ciencia*



### EL SUBSUELO UNA HISTORIA NATURAL DE LA VIDA SUBTERRÁNEA

David W. Wolfe  
Seix Barral, 2019  
ISBN: 978-84-322-3560-3  
352 págs. (20 €)



### CENANDO CON DARWIN TRAS LAS HUELLAS DE LA EVOLUCIÓN EN NUESTROS ALIMENTOS

Jonathan Silvertown  
Crítica, 2019  
ISBN: 978-84-9199-140-3  
288 págs. (18,90 €)

### SI ESCUECE, CURA 50 MALAS PRÁCTICAS DE SALUD AL DESCUBIERTO

Esther Samper  
Cálamo, 2019  
ISBN: 978-84-16742-16-5  
412 págs. (22,90 €)



### UN CIENTÍFICO EN EL SUPERMERCADO UN VIAJE POR LA CIENCIA DE LAS PEQUEÑAS COSAS

José Manuel López Nicolás  
Planeta, 2019  
ISBN: 978-84-08-21725-1  
320 págs. (17,90 €)

