

DANIEL
CHAMOVITZ

Lo que
las plantas
saben



Un estudio
de los sentidos
en el reino vegetal

Ariel

Daniel Chamovitz

Lo que las plantas saben

Un estudio de los sentidos en el reino vegetal

Traducción de Gemma Deza Guil

Ariel

Título original:
What a Plant Knows:
A Field Guide to the Senses

Edición revisada por Daniel Chamovitz

Publicado con el acuerdo de Scientific American/Farrar,
Straus and Giroux, Nueva York

Primera edición: junio de 2019

© 2011, 2012 y 2017, Daniel Chamovitz
© 2019, Gemma Deza Guil, por la traducción

Derechos exclusivos de edición en español
reservados para todo el mundo
y propiedad de la traducción:
© 2019, Editorial Planeta, S. A.
Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona
Editorial Ariel es un sello editorial de Planeta, S. A.
www.ariel.es

ISBN: 978-84-344-3105-8
Depósito legal: B. 9.041-2019

Impreso en España

El papel utilizado para la impresión de este libro está calificado como
papel ecológico y procede de bosques gestionados de manera sostenible.

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación
a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio,
sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos,
sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados
puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos)
si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.
Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com
o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

Índice

<i>Prólogo</i>	11
1. ¿Qué ven las plantas?	17
2. ¿Qué huelen las plantas?	37
3. ¿Qué saborean las plantas?	59
4. ¿Qué notan las plantas?	79
5. ¿Qué oyen las plantas?	101
6. ¿Cómo sabe una planta dónde está?	125
7. ¿Qué recuerda una planta?	149
<i>Epílogo: La planta consciente</i>	171
<i>Agradecimientos</i>	179
<i>Notas</i>	183
<i>Créditos de las ilustraciones</i>	195
<i>Índice alfabético</i>	199

¿Qué ven las plantas?

Ella, aunque está fijada a la raíz, se vuelve de acuerdo con su Sol y, aun transformada, conserva su amor.

OVIDIO, *Metamorfosis*

Piense en esto: las plantas le ven.

De hecho, las plantas monitorizan su entorno visible en todo momento. Ven si alguien se les acerca o se cierne sobre ellas. Incluso saben si lleva puesta una camisa azul o roja. Saben si ha pintado la casa o si ha trasladado sus macetas de una parte del salón a otra.

Obviamente, no «ven» imágenes, como hacemos nosotros, ni distinguen a un hombre de mediana edad con gafas o a una niña sonriente con rizos castaños. Pero sí perciben la luz en modos y colores que solo podemos aventurarnos a imaginar. Las plantas ven la luz ultravioleta que a nosotros nos provoca quemaduras solares y la luz infrarroja que nos calienta. Y saben discernir si hay una iluminación tenue, como la de una vela, si es pleno mediodía o si el sol está a punto de ponerse tras el horizonte. También saben si la luz procede de la izquierda, de la derecha o de arriba, si otra planta se ha hecho más alta que ellas y les tapa parte de la luz que recibían, y cuánto hace que están encendidas las luces.

¿Puede considerarse esto la «visión de las plantas»? Antes de determinarlo, examinemos qué entendemos por visión.

Imaginemos una persona ciega de nacimiento, una persona que vive en una oscuridad absoluta. Ahora imaginemos que a esa persona le dan la capacidad de discriminar entre la luz y la sombra. Podría diferenciar entre día y noche, entre interior y exterior. Esos nuevos sentidos, sin duda, se considerarían una visión rudimentaria que, sin embargo, le permitirían percibir cosas nuevas. Sumémosle que esa persona empieza a discernir colores: es capaz de distinguir que hay algo azul arriba y algo verde abajo. Evidentemente, sería una mejora con respecto a la oscuridad y a la capacidad de discernir solo el blanco o el gris. Creo que todos estaremos de acuerdo en que, en el caso de esa persona, el cambio fundamental de la ceguera absoluta a la posibilidad de distinguir colores se consideraría definitivamente «visión».

Podemos definir la «visión» como el sentido físico mediante el cual el cerebro interpreta los estímulos luminosos que recibe el ojo y construye una representación de la posición, la forma, el brillo y, normalmente, el color de los objetos en el espacio. Vemos la luz en lo que definimos como el «espectro visual». La luz corresponde a las ondas electromagnéticas del espectro visible. Ello implica que comparte propiedades con todos los demás tipos de señales eléctricas, como las microondas y las ondas hertzianas. Las ondas hertzianas de una emisora radiofónica AM son muy largas, de casi ochocientos metros de longitud. De ahí que las antenas de radio midan muchos metros de altura. En cambio, las ondas de rayos X son muy muy cortas, un billón de veces más cortas que las hertzianas, motivo por el cual son capaces de atravesar con facilidad nuestros cuerpos.

Las ondas luminosas se sitúan en un punto intermedio, entre los 0,0000004 y los 0,0000007 metros de longitud. La luz azul es la más corta; la roja, la más larga, y la verde, la amarilla y la naranja ocupan la franja central. (Ello explica que el patrón de colores del arcoíris siempre se oriente en la misma dirección: de los colores con ondas cortas, como el azul, hacia los colores con ondas largas, como el rojo.) «Vemos»

estas ondas electromagnéticas porque nuestros ojos poseen unas proteínas especiales llamadas «fotorreceptores», que reciben esta energía y la absorben del mismo modo que una antena absorbe las ondas hertzianas.

La retina, la capa situada en la parte posterior de nuestros globos oculares, está recubierta de hileras e hileras de dichos fotorreceptores, un poco como las líneas de luces LED de los televisores de pantalla plana o los sensores de las cámaras digitales. Cada punto de la retina incorpora unos receptores fotosensibles llamados «bastones» y unos fotorreceptores llamados «conos» que reaccionan a los distintos colores de luz. Cada cono o bastón reacciona a la luz que se enfoca hacia él. La retina humana contiene alrededor de 125 millones de bastones y seis millones de conos, todo ello en una zona de las dimensiones de una fotografía de pasaporte. Sería el equivalente a una cámara fotográfica digital con una resolución de 130 megapíxeles. Esta inmensa cantidad de receptores en una zona tan reducida nos proporciona la elevada resolución visual que tenemos. A modo de comparación, las pantallas LED de exteriores de mayor resolución poseen unos 10.000 LED por metro cuadrado y las cámaras digitales de uso habitual ofrecen una resolución de solo ocho megapíxeles.

Los bastones son más sensibles a la luz y nos permiten ver de noche y en condiciones de baja luminosidad, pero no en color. Los conos, que se presentan en tres formatos (rojo, verde y azul), nos permiten discriminar los colores en la luz. La diferencia principal entre estos fotorreceptores es la sustancia química específica que contienen. Tales sustancias, llamadas «rodopsina» en los bastones y «fotopsinas» en los conos, presentan una estructura específica que les permite absorber luz de distintas longitudes de onda. La luz azul la absorben la rodopsina y la fotopsina azul, y la luz roja, la rodopsina y la fotopsina roja. La luz violeta la absorben la rodopsina, la fotopsina azul y la fotopsina roja, pero no la fotopsina verde, y así sucesivamente. Una vez el

bastón o el cono absorbe la luz, envía una señal al cerebro, que procesa todas las señales procedentes de los millones de fotorreceptores y genera una única imagen coherente.

La ceguera obedece a distintos defectos. Puede responder a un fallo en la percepción de la luz causado por un defecto físico de la estructura de la retina, a la incapacidad de percibir la luz (debido a problemas en la rodopsina y las fopsinas, por ejemplo) o a un fallo en la transmisión de la información al cerebro. Las personas daltónicas que no ven el rojo, por ejemplo, carecen de conos rojos, de manera que sus ojos no asimilan las señales rojas ni las envían al cerebro. La visión humana depende de las células que absorben la luz, de cómo procesa el cerebro dicha información y de nuestra respuesta a ella. ¿Qué sucede en el caso de las plantas?

DARWIN, EL BOTÁNICO

No todo el mundo sabe que durante los veinte años posteriores a la publicación de su obra cumbre, *El origen de las especies*, Charles Darwin llevó a cabo una serie de experimentos que siguen influyendo en la investigación botánica a día de hoy.

Tanto Darwin como su hijo sentían fascinación por la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas. En su último libro, *Los movimientos y hábitos de las plantas trepadoras*, Darwin escribió: «Son escasísimas las plantas en las cuales alguna parte [...] no se combe hacia la luz lateral».¹ Dicho de otro modo, casi todas las plantas se doblan hacia la luz. Así lo apreciamos en las que tenemos en casa, que se curvan en busca de los rayos de sol que entran por las ventanas. Este comportamiento recibe el nombre de «fototropismo». En 1864, un coetáneo de Darwin, Julius von Sachs, descubrió que la luz azul es el color principal que induce el fototropismo en las plantas, mientras que estas suelen ser ciegas al resto de los colores, que apenas las afectan o

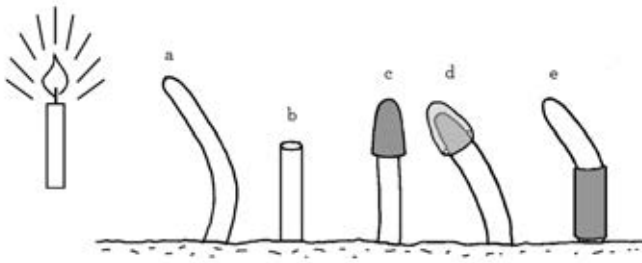
las hacen cambiar de dirección. Pero a la sazón nadie sabía cómo o qué parte de una planta ve la luz que procede de una dirección concreta.

En un experimento muy sencillo, Darwin y su hijo demostraron que el hecho de que las plantas buscaran la luz no respondía a la fotosíntesis, el proceso mediante el cual las plantas transforman la luz en energía, sino a una sensibilidad inherente a moverse hacia la luz. Para su experimento, padre e hijo cultivaron alpiste en una maceta en una estancia completamente a oscuras durante varios días. A continuación alumbraron una pequeñísima lámpara de gas a tres metros y medio de la maceta y mantuvieron la llama tan tenue que «ni siquiera podían ver las plántulas ni una raya hecha con lápiz en un papel».² Pese a ello, al cabo de solo tres horas, las plantas se habían doblado hacia la tenue luz. Esa curvatura siempre ocurría en la misma parte de la plántula, unos dos centímetros y medio por debajo de la punta.



Alpiste (*Phalaris canariensis*)

Tal constatación les indujo a preguntarse qué parte de la planta veía la luz. Los Darwin llevaron a término un experimento que se convertiría en un clásico de la botánica. Partieron de la hipótesis de que los «ojos» de la planta se hallaban en su punta, en lugar de en la parte del tallo que se curva, y comprobaron el fototropismo en cinco plántulas diferentes, ilustradas en el diagrama siguiente:



Resumen de los experimentos de los Darwin relativos al fototropismo

- a. La primera plántula no recibió tratamiento y demuestra que las condiciones del experimento son conducentes al fototropismo.
- b. A la segunda le podaron la punta.
- c. A la tercera le cubrieron la punta con un capuchón opaco.
- d. A la cuarta le cubrieron la punta con un capuchón de vidrio transparente.
- e. Y a la quinta le forraron la sección media con un tubo opaco.

Llevaron a cabo el experimento en estas plántulas en las mismas condiciones que su experimento inicial y, como era previsible, la plántula no tratada se dobló hacia la luz. De manera similar, la plántula con el tubo opaco alrededor de la sección media (véase *e* arriba) se curvó hacia la luz. En cambio, si se cortaba la punta de una plántula o se cubría con un

capuchón opaco, la planta quedaba cegada y no se doblaba hacia la luz. A continuación analizaron el comportamiento de la planta del cuarto supuesto (*d*), que continuaba buscando la luz pese a tener la punta cubierta con un capuchón. La diferencia en este caso radicaba en que se trataba de un capuchón transparente. Los Darwin constataron que el vidrio permitía que la punta de la planta recibiera luz. En un único experimento, publicado en 1880, Darwin padre e hijo demostraron que el fototropismo es una reacción a la incidencia de la luz en la punta del retoño, que ve la luz y transfiere la información a la sección media de la planta para indicarle que se curve en esa dirección. Los Darwin habían demostrado de manera satisfactoria la visión rudimentaria de las plantas.

EL MAMUT DE MARYLAND:

EL TABACO QUE NO DEJABA DE CRECER

Varias décadas después brotó en los valles del sur de Maryland una nueva cepa de tabaco que reavivó el interés por cómo las plantas ven el mundo. Estos valles han acogido algunas de las mayores haciendas de tabaco de Estados Unidos desde que los primeros colonos se asentaron en ellos, a finales del siglo XVII. Los cultivadores de tabaco, que aprendieron de tribus indígenas como los conestoga, quienes llevaban siglos cultivando esta planta, sembraban su cosecha en primavera y la cosechaban a finales de verano. Algunas de las plantas no se recolectaban con el fin de que produjeran las flores que proporcionarían las semillas de la cosecha del año siguiente. En 1906, los agricultores apreciaron la existencia de una nueva cepa de tabaco que parecía no dejar de crecer nunca. Era capaz de alcanzar cuatro metros y medio de altura y de producir casi un centenar de hojas. Solo la detenían las heladas. En apariencia, una planta tan robusta y que no dejaba de crecer podría parecer una bendición. Pero, como suele ocurrir, esta nueva cepa, a la que apodaron con tino

«el mamut de Maryland», era como el dios romano de dos caras, Jano: por un lado, crecía sin parar, pero, por el otro, rara vez florecía, lo cual implicaba que los agricultores no podían recoger semillas para la cosecha del año siguiente.



Tabaco (*Nicotiana tabacum*)

En 1918, Wightman W. Garner y Harry A. Allard, dos científicos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, se dispusieron a determinar por qué el mamut de Maryland no sabía cuándo dejar de producir hojas y empezar a dar flores y semillas.³ Cultivaron la planta en tiestos y dejaron unos cuantos a la intemperie, en campo abierto. Las otras macetas se sacaban al campo durante el día y se trasladaban a un invernadero oscuro cada tarde. El simple hecho de limitar la cantidad de luz que recibían las plantas bastó

para provocar que el mamut de Maryland dejara de crecer y floreciera. En otras palabras: si el mamut de Maryland quedaba expuesto a los largos días del verano, continuaba dando hojas; en cambio, si experimentaba de manera artificial días más cortos, florecía.

Este fenómeno, denominado «fotoperiodicidad», aportó la primera prueba sólida de que las plantas procesan cuánta luz reciben.⁴ Otros experimentos realizados en el transcurso de los años han revelado que muchas plantas, al igual que el mamut, florecen solo en las épocas de días cortos, de ahí que reciban el nombre de plantas «de día corto». Entre ellas figuran los crisantemos y la soja. Otras, en cambio, necesitan días largos para florecer. Los lirios y la cebada se consideran plantas «de día largo». Este descubrimiento permitió a los agricultores manipular la floración de acuerdo con su calendario controlando la luz que recibe cada planta. Así, los plantadores de Florida enseguida cayeron en la cuenta de que podían cultivar mamut de Maryland durante muchos meses (sin los efectos de las heladas que se padecían en Maryland) y aguardar a que finalmente las plantas florecieran en los campos a mediados de invierno, cuando los días son más cortos.

DÍAS (CORTOS) QUE MARCAN LA DIFERENCIA

El concepto de fotoperiodicidad desencadenó un frenesí de actividad entre la comunidad científica, que enseguida se formuló muchas otras preguntas: ¿calculan las plantas la longitud del día o de la noche? ¿Y qué color de la luz ven?

En torno a la Segunda Guerra Mundial, los científicos descubrieron que podían manipular el momento en el que florecían las plantas apagando y encendiendo luces en plena noche. Averiguaron que podían impedir que una planta de día corto como la soja floreciera en los días cortos con solo encender las luces unos minutos durante la madrugada. Y, por el contrario, podían provocar que una planta de día

largo como el lirio floreciera incluso en pleno invierno (durante los días cortos, cuando de manera natural no lo haría) si durante la noche encendían las luces solo unos momentos. Estos experimentos demostraron que lo que mide una planta no es la longitud del día, sino la duración del período continuo de oscuridad.

Mediante esta técnica, los floricultores pueden impedir que los crisantemos florezcan hasta justo antes del Día de la Madre, momento idóneo para que irruman en la escena floral primaveral. Para los cultivadores de crisantemos supone un problema que el Día de la Madre caiga en primavera, porque esta flor florece en otoño, cuando los días se acortan. Por suerte, en los invernaderos puede evitarse que los crisantemos florezcan encendiendo las luces unos minutos en medio de la noche durante todo el otoño y el invierno. Y luego, ¡bum!, dos semanas antes del Día de la Madre, dejan de encender las luces de madrugada y todas las plantas florecen de golpe, a punto para ser cosechadas y enviadas a las floristerías.

Los científicos también sentían curiosidad por averiguar qué color de la luz veían las plantas. Y lo que descubrieron les sorprendió: todas las plantas, sin excepción, reaccionaban a los destellos de luz roja durante la noche.⁵ La luz verde o azul no afectaba a su floración y, en cambio, unos instantes de exposición a luz roja sí lo hacía. Las plantas discriminaban entre colores: utilizaban la luz azul para saber en qué dirección curvarse y la luz roja para medir la duración de la noche.

Más adelante, a principios de la década de 1950, Harry Borthwick y sus colegas del laboratorio del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, donde se estudió por primera vez el mamut de Maryland, realizaron el asombroso descubrimiento de que la luz roja extrema (la luz con longitudes de onda un poco más largas que la luz roja intensa, vista sobre todo durante el crepúsculo) podía anular el efecto de la luz roja en las plantas.⁶ Para explicarlo de manera más clara: si se somete a unos lirios, que normalmente no

florece durante las largas noches, a una dosis de luz roja en plena madrugada, generan flores tan vivas y bonitas como cualquier lirio en una reserva natural. En cambio, si se les aplica luz roja extrema justo después de ese estímulo rojo, actúan como si no hubieran visto la luz roja, es decir, no florecen. Y si después de la luz roja extrema vuelve a irradiarse luz roja, sí lo hacen. En caso de volvérselos a aplicar luz roja extrema, no lo harán. Y así sucesivamente. Cabe aclarar que no estamos hablando de irradiar mucha luz: basta con unos segundos de cualquiera de los colores. Vendría a ser una especie de interruptor activado por la luz: la luz roja desencadena la floración y la luz roja extrema la detiene. Si se acciona el interruptor muchas veces seguidas, no hay reacción. Desde un punto de vista filosófico podríamos afirmar que la planta recuerda el último color que ha visto.

Cuando John F. Kennedy fue elegido presidente de Estados Unidos, Warren L. Butler y sus colegas habían demostrado ya que un único fotorreceptor de las plantas era el responsable tanto de los efectos de la luz roja como de la luz roja extrema.⁷ Bautizaron dicho receptor con el nombre de «fitocromo», que significa «color de la planta». En su versión más sencilla, el fitocromo es el interruptor accionado por la luz. La luz roja lo activa y lo convierte en una forma preparada para recibir la luz roja extrema. La luz roja extrema lo desactiva y lo convierte en una forma preparada para recibir la luz roja. En términos ecológicos, esto tiene todo el sentido del mundo. En la naturaleza, la última luz que ve una planta al final del día es la luz roja extrema, que le indica que se «apague». Por la mañana, la planta ve luz roja y despierta. De este modo, una planta mide cuánto hace que vio la última luz roja y ajusta su crecimiento en consecuencia. Pero ¿qué parte de la planta exactamente ve la luz roja y la luz roja extrema para regular la floración?

Los estudios acerca del fototropismo de Darwin revelaron que el «ojo» de una planta se encuentra en su punta, mientras que la reacción a la luz se produce en el tallo, lo cual lle-

varía a inducir que el «ojo» que provoca la fotoperiodicidad también se encuentra en la punta de la planta. Sorprendentemente, no es así. Si en plena noche se irradia un haz de luz en distintas partes de una planta se constata que basta con iluminar una única hoja para regular su floración. Por otro lado, si se podan todas las hojas y solo se conservan el tallo y el ápice, la planta queda cegada a los destellos lumínicos, incluso si se la ilumina por entero. Si el fitocromo de una sola hoja ve luz roja en medio de la noche, la planta reacciona como si se la hubiera iluminado entera. El fitocromo de las hojas recibe pistas de luz e inicia una señal móvil que se propaga por toda la planta e induce la floración.

PLANTAS CIEGAS EN LA ERA DE LA GENÉTICA

Los humanos tenemos cuatro tipos de fotorreceptores en los ojos: la rodopsina para la luz y las sombras y las tres fopsinas para el rojo, el azul y el verde. Además, también contamos como un quinto fotorreceptor denominado «criptocromo», encargado de regular nuestros relojes internos. Hasta el momento hemos visto que las plantas cuentan con múltiples fotorreceptores: ven la luz azul direccional, lo cual significa que al menos deben contar con un fotorreceptor de luz azul, hoy conocido como fototropina, y ven la luz roja y la luz roja extrema para florecer, cosa que indica la existencia de al menos un fotorreceptor fitocromo. Ahora bien, para poder determinar cuántos fotorreceptores poseen las plantas, los científicos tuvieron que aguardar a la era de la genética molecular, que dio comienzo varias décadas después del descubrimiento del fitocromo.

Fue Maarten Koornneef, de la Universidad de Wageningen, en los Países Bajos, quien abanderó la disciplina a principios de la década de 1980.⁸ Tras ello, su planteamiento fue replicado y refinado en multitud de laboratorios, donde se aplicó la genética para entender la visión de las plantas.

Koornneef formuló una sencilla pregunta: ¿cómo sería una planta «ciega»? Las plantas que crecen en la oscuridad o en condiciones de baja luminosidad son más altas que las que crecen a plena luz. Si cuando estudiaba primaria realizó el experimento de ciencia de plantar judías, sabrá que las plantas cultivadas en la taquilla de la escuela crecían altas, larguiruchas y amarillas, mientras que las cultivadas en el patio eran más bajitas, pero también más vigorosas y verdes. Es lógico que las plantas se alarguen en la oscuridad, porque intentan salir del suelo para ir en busca de la luz o, si están en la penumbra, abrirse paso hacia un lugar donde reciban luz directa. Koornneef pensó que, si encontraba una planta mutante ciega, es posible que esta creciera también más de lo normal a plena luz. Y si era capaz de identificar y cultivar plantas mutantes ciegas, podría usar la genética para averiguar qué les sucedía.

Llevó a cabo sus experimentos con *Arabidopsis thaliana*, una pequeña planta de laboratorio parecida a la mostaza de campo. Trató un lote de semillas de *arabidopsis* con sustancias químicas conocidas por inducir mutaciones en el ADN (y también por causar cáncer a las ratas de laboratorio) y las cultivó bajo luz de distintos colores a la espera de que brotaran plántulas mutantes más altas que las demás. Y brotaron en gran número. Algunas prosperaban más bajo la luz azul y, en cambio, presentaban una altura normal bajo la luz roja. Otras se hacían más altas bajo la luz roja y, por contra, se desarrollaban con normalidad bajo la azul. También las había que alcanzaban una mayor altura bajo la luz ultravioleta, mientras que presentaban una altura normal bajo las demás luces, y las había que se hacían más altas bajo las luces roja y azul. Unas cuantas solo alcanzaban una mayor altura bajo una luz tenue y otras lo hacían solo en condiciones de mucha luminosidad.



Arabidopsis u oruga (*Arabidopsis thaliana*)

Muchas de aquellas plantas mutantes ciegas a colores específicos de luz presentaban defectos en los fotorreceptores concretos que absorben esa luz. Una planta que carecía de fitocromo crecía bajo la luz roja como si se encontrara en la oscuridad. Y, sorprendentemente, unos cuantos fotorreceptores se presentaban en pares: uno de ellos específico para la luz tenue y el otro para la luz intensa. Para abreviar, ahora sabemos que la arabidopsis tiene al menos once fotorreceptores: algunos indican a la planta cuándo germinar, otros cuándo curvarse hacia la luz, otros cuándo florecer y otros cuándo es de noche.⁹ También los hay que le comunican que está recibiendo mucha luz, otros que le señalan que la luz es tenue y otros que la ayudan a seguir el ritmo.*

* Para ser más específicos, la arabidopsis tiene al menos once fotorreceptores distintos que se enmarcan en cinco categorías (fototropinas, fitocromos y criptocromos, más dos clases adicionales). Otras plantas también poseen estas cinco categorías, pero pueden tener más o menos miembros de cada una de ellas.

De manera que la visión de las plantas es mucho más compleja que la de los humanos en lo que a percepción se refiere. De hecho, para una planta, la luz es mucho más que una señal: las plantas necesitan luz para alimentarse. Y también utilizan la luz para transformar el agua y el dióxido de carbono en los azúcares que, a su vez, proporcionan alimento a los animales. A todo ello se suma que las plantas son organismos sésiles, inmóviles. Arraigan literalmente en un lugar y no pueden emigrar en busca de comida. Para compensar esta vida sésil deben contar con la capacidad de buscar y captar luz. Ello implica que necesitan saber dónde está la luz y, en lugar de desplazarse hacia el alimento, como haría un animal, crecer hacia su fuente de energía.

Una planta precisa saber si hay otra que la sobrepasa en altura y le tapa la luz necesaria para hacer la fotosíntesis. Si percibe que está en la sombra, multiplicará su crecimiento para emerger de ella. Además, las plantas necesitan sobrevivir, lo cual significa que necesitan saber cuándo «incubar» sus semillas y cuándo reproducirse. Muchos tipos de plantas empiezan a crecer en primavera, que es también la estación de cría de muchos mamíferos. ¿Cómo saben las plantas que ha llegado la primavera? El fitocromo les revela que los días se alargan progresivamente. Asimismo, las plantas florecen y dejan caer sus semillas en otoño, antes de las nieves. ¿Cómo saben que es otoño? El fitocromo les indica que las noches se dilatan cada vez más.

¿QUÉ VEN LAS PLANTAS Y LOS HUMANOS?

Las plantas necesitan ser conscientes del entorno visual dinámico que las rodea para sobrevivir. Necesitan saber la dirección, la cantidad, la duración y el color de la luz. No cabe duda de que detectan ondas electromagnéticas visibles (e invisibles). A diferencia de los humanos, que únicamente somos capaces de detectar ondas electromagnéticas en un

espectro relativamente limitado, las plantas detectan ondas tanto más cortas como más largas. Ahora bien, aunque ven un espectro mucho más amplio que nosotros, no ven en imágenes. Las plantas carecen de un sistema nervioso que traduzca las señales lumínicas en imágenes. En lugar de ello, traducen las señales de la luz en pistas para su crecimiento. Las plantas no tienen ojos, de la misma manera que nosotros no tenemos hojas.*¹⁰

Pero ambos detectamos la luz.

La visión es la capacidad no solo de detectar las ondas electromagnéticas, sino de reaccionar a estas. Los bastones y los conos de la retina de los seres humanos detectan la señal luminosa y transfieren dicha información al cerebro, que provoca una reacción. Las plantas también traducen la señal visual en una instrucción fisiológica reconocible. No bastaba con que las plantas de Darwin vieran la luz con sus puntas, sino que tenían que absorberla y traducirla de algún modo en una orden que impulsara a la planta a curvarse. Tenían que «reaccionar» a la luz. Las señales complejas emitidas por los múltiples fotorreceptores permiten a las plantas modular de manera óptima su crecimiento en entornos cambiantes, tal como nuestros cuatro fotorreceptores posibilitan que nuestro cerebro forme imágenes que nos permitan interpretar y responder a nuestro entorno variable.

Para ofrecer una perspectiva más amplia de las cosas: el fitocromo de las plantas y la fopsina roja humana no son el mismo fotorreceptor; si bien ambos absorben la luz roja, son proteínas distintas con composiciones químicas distintas. Lo que nosotros vemos está mediado por fotorreceptores solo presentes en otros animales. Lo que ve un narciso está filtra-

* Las algas verdes, las formas más primitivas de plantas, tienen un orgánulo llamado «mancha ocular» (o estigma) que permite a sus células percibir los cambios en la dirección y la intensidad de la luz. Dichas manchas oculares o estigmas se han considerado las formas más simples de ojos que existen en la naturaleza.

do por fotorreceptores exclusivos de las plantas. Ahora bien, los fotorreceptores de las plantas y los humanos se parecen en que todos contienen una proteína conectada a un tinte químico que absorbe la luz; tales son las limitaciones físicas que un fotorreceptor precisa para funcionar.

Con todo, no hay regla sin excepción y, a pesar de los miles de millones de años de evolución independiente, los sistemas visuales vegetal y animal tienen ciertas cosas en común. Tanto animales como plantas poseen unos receptores a la luz azul denominados «criptocromos».^{*},^{11, 12} El criptocromo no influye en el fototropismo de las plantas, pero desempeña otros roles en la regulación de su crecimiento, como el control de su reloj interno. Las plantas, al igual que los animales, poseen un reloj interno denominado «reloj circadiano», que está sintonizado con los ciclos del día y la noche. En nuestro caso, este reloj regula toda nuestra vida, desde cuándo tenemos hambre hasta cuándo necesitamos usar el cuarto de baño, cuándo estamos cansados y cuándo nos sentimos enérgicos. Estos cambios diarios en el comportamiento del cuerpo reciben el nombre de «ritmos circadianos», porque mantienen un ciclo aproximado de veinticuatro ho-

* El nombre «criptocromo» en realidad se debe a una broma hecha por Jonathan Gressel con respecto al Instituto Weizmann. Gressel había estado estudiando las reacciones a la luz azul en un grupo de organismos que incluían líquenes, musgos, helechos y algas, también llamadas «plantas criptógamas» (designación que sería relevante, tal como veremos enseguida). No obstante, al igual que el resto de los investigadores que estudiaban los efectos de la luz azul en distintos seres vivos, Gressel desconocía cuál era el receptor de la luz azul. A pesar de que se habían realizado varios intentos en el transcurso de las décadas, no se había conseguido aislar este receptor, que presentaba una naturaleza críptica. Gressel, un aficionado a los juegos de palabras desvergonzado, sugirió denominar este fotorreceptor no identificado «criptocromo». Para disgusto de muchos de sus colegas, su broma se incorporó a la nomenclatura científica, por más que el criptocromo ya no sea un elemento críptico, pues finalmente se aisló en 1993.

ras incluso aunque nos encerremos en una habitación que no recibe nunca la luz del sol. Volar al otro lado del mundo hace que el reloj circadiano de los seres humanos pierda la sincronía con las señales diurnas y nocturnas, un fenómeno que conocemos como jet lag. La exposición a luz reajusta el reloj circadiano, pero tarda unos cuantos días en hacerlo. Ello explica por qué pasar tiempo al aire libre de día hace que nos recuperemos del jet lag más rápidamente que quedándonos en una habitación de hotel a oscuras.

El criptocromo es el receptor de la luz azul principalmente responsable de reajustar nuestro reloj circadiano. El criptocromo absorbe la luz azul e indica a la célula que es de día. Las plantas también poseen relojes circadianos que regulan muchos de sus procesos, incluidos los movimientos de las hojas y la fotosíntesis. Si alteramos de manera artificial el ciclo de día y noche de la planta, esta también experimenta *jet lag* (aunque no se pone de mal humor) y tarda unos cuantos días en amoldarse. Por ejemplo, si las hojas de una planta normalmente se cierran a última hora de la tarde y se abren por la mañana, invertir su ciclo de luz y oscuridad en un principio hará que sus hojas se abran en la oscuridad (en el momento que antes era de día) y se cierren cuando hay luz (cuando antes era de noche). Este despliegue y repliegue de las hojas se reajustará a los nuevos patrones de luz y oscuridad al cabo de pocos días.

El criptocromo de la planta, como el de las moscas de la fruta o de los ratones, desempeña una función esencial en la coordinación de la luz exterior con el reloj interno.¹³ En lo tocante a este nivel básico de control de los ritmos circadianos mediante la luz azul, en esencia las plantas y los humanos «ven» de la misma manera. Desde una perspectiva evolutiva, esta fascinante forma de conservación de la función del criptocromo en realidad no resulta tan sorprendente. Los relojes circadianos evolucionaron inicialmente en organismos unicelulares, antes de la división entre reinos animal y vegetal. Es probable que estos relojes originales pro-

tegieran las células de los daños provocados por la radiación ultravioleta alta. En este reloj primigenio, un criptocromo ancestral monitorizaba el entorno lumínico y relegaba la división celular a la noche. Aún hoy la mayoría de los organismos unicelulares, incluso las bacterias y los hongos, poseen relojes relativamente simples. La evolución de la percepción de la luz evolucionó a partir de este fotorreceptor otrora común a todos los organismos y se escindió en dos sistemas visuales distintos que diferencian a las plantas de los animales. Ahora bien, lo que puede resultar más sorprendente es que las plantas también huelen...