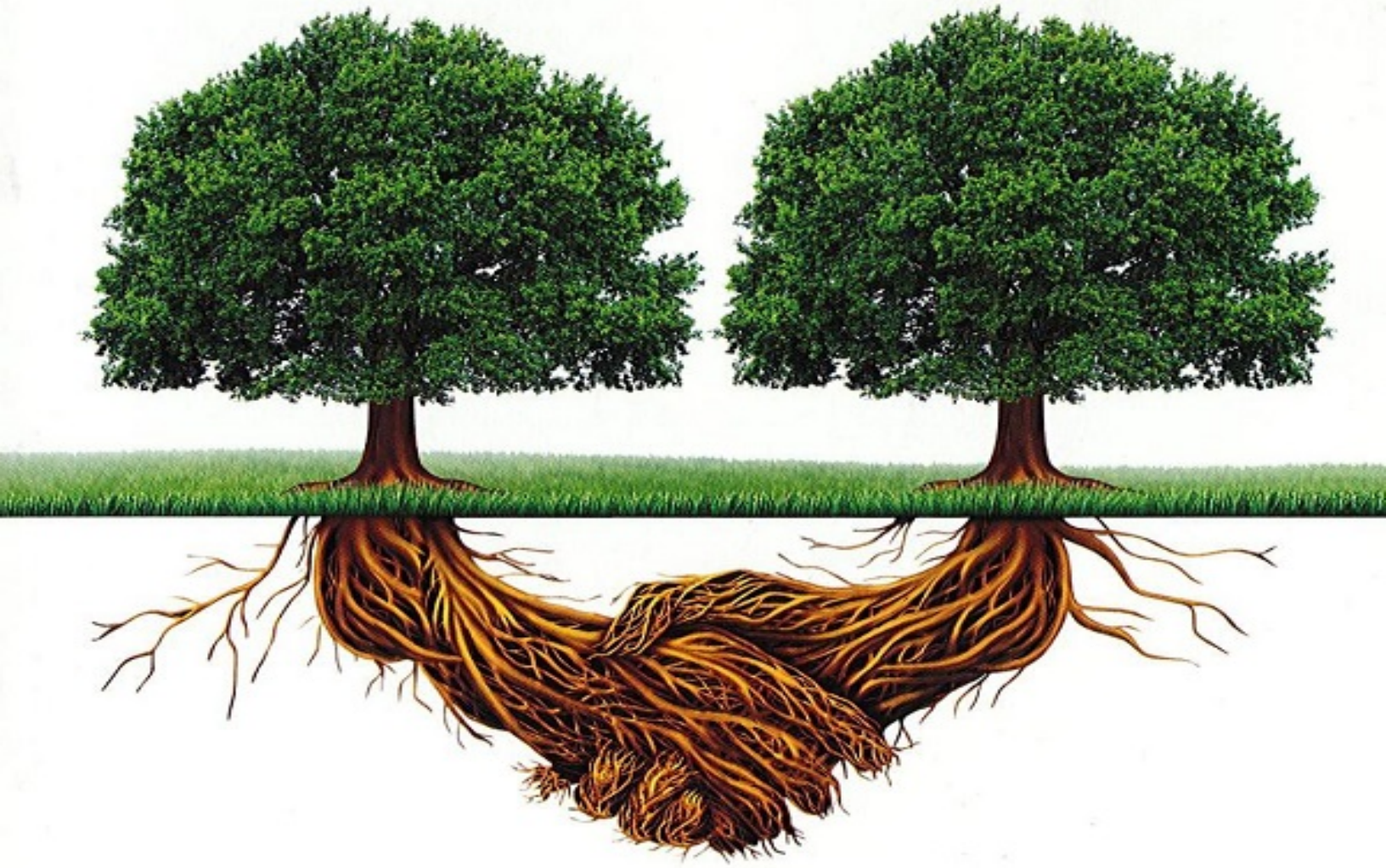
Stefano Mancuso
Alessandra Viola

Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal



Galaxia Gutenberg



Por cortesía del autor

Stefano Mancuso es una de las máximas autoridades mundiales en el campo de la neurobiología vegetal. Profesor asociado en la Universidad de Florencia, dirige el Laboratorio Internacional de Neurobiología Vegetal y es miembro fundador de la International Society for Plant Signaling & Behavior. Ha publicado diversos libros y más de 250 artículos científicos en revistas internacionales.



Por cortesía de la autora

Alessandra Viola es periodista científica y colabora con numerosos periódicos y revistas. En 2007 recibió de la Fundación Armenise-Harvard una beca de estudio por el mejor artículo científico del año. En 2011 dirigió el Festival della Scienza Live de Génova. Documentalista y guionista de programas de televisión para la RAI, es doctora en Ciencias de la Comunicación por la Universidad La Sapienza de Roma.

Las plantas podrían perfectamente vivir sin nosotros, en cambio nosotros sin ellas nos extinguiríamos en un breve período de tiempo. Es más, en el planeta Tierra existe tan sólo un 0,3% de vida animal frente a un 99,7% de vida vegetal. Y sin embargo expresiones como «vegetar» o «ser un vegetal» indican en casi todas las lenguas unas condiciones de vida reducidas a la mínima expresión.

Cuando pensamos en las plantas, nos sentimos tentados a atribuirles dos características: inmovilidad e insensibilidad. Pero investigaciones científicas llevadas a cabo durante los últimos cincuenta años han demostrado que las plantas son sensibles (es decir que están dotadas no sólo de los cinco sentidos que posee la especie humana sino de hasta quince sentidos más), se comunican e intercambian información (entre ellas y con los animales), duermen, memorizan, cuidan de sus hijos, tienen su propia personalidad, toman decisiones e incluso son capaces de manipular a otras especies. ¿Cómo negar pues que también son inteligentes? Su capacidad para resolver los problemas que se les presentan ha sido probada por los estudios más recientes.

Este libro se adentra en el fascinante mundo de las plantas desde el rigor científico y al mismo tiempo usando un lenguaje accesible a cualquier lector. Y pone al descubierto lo mucho que les debemos y, más aún, lo mucho que aún nos pueden enseñar.

Stefano Mancuso
Alessandra Viola

Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal

Traducción de
David Paradela López

Galaxia Gutenberg

La traducción de este libro ha recibido una ayuda de SEPS-*Segretariato Europeo per le Pubblicazioni Scientifiche*. Via Val d'Aposa 7, 40123 Bologna (Italia), Fax (+39) 051 265983, seps@seps.it, www.seps.it

Título de la edición original: *Verde brillante. Sensibilità e intelligenza del mondo vegetale*
Traducción del italiano: David Paradela López

Publicado por:
Galaxia Gutenberg, S.L.
Av. Diagonal, 361, 2.º 1.ª
08037-Barcelona
info@galaxiagutenberg.com
www.galaxiagutenberg.com

Edición en formato digital: marzo 2015

© Giunti Editore S.p.A., Florencia-Milán, 2013
www.giunti.it
© de las ilustraciones: Stefano Mancuso
© de la traducción: David Paradela, 2015
© Galaxia Gutenberg, S.L., 2015
Ilustración de portada: © Freshidea – Fotolia © Beboy – Fotolia

Conversión a formato digital: Maria Garcia
Depósito legal: DL B 3081-2015
ISBN: 978-84-16252-63-3

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede realizarse

con la autorización de sus titulares, a parte las excepciones previstas por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 45)

Introducción

¿Son las plantas seres inteligentes? ¿Son capaces de resolver problemas? Se comunican con el entorno que las rodea, con las otras plantas, con los insectos o con los animales superiores ¿O son, por el contrario, organismos pasivos, carentes de sensibilidad y de cualquier tipo de comportamiento individual y social?

Para responder a estas preguntas debemos remontarnos hasta la antigua Grecia. Ya entonces, de hecho, interrogantes parecidos a éstos eran objeto de encendidas disputas entre los filósofos, divididos en escuelas de pensamiento contrapuestas, tanto a favor como en contra de la posibilidad de que las plantas tuvieran «alma». ¿En qué se fundaban sus argumentaciones y, sobre todo, por qué varios siglos de descubrimientos científicos no han bastado para dirimir la cuestión? Curiosamente, muchos de los argumentos que hoy en día se presentan son los mismos que se esgrimían hace varios siglos, argumentos que, más que en la ciencia, se apoyan en el sentir común y en numerosos prejuicios que desde hace milenios forman parte de nuestra cultura.

Si bien una observación superficial parece sugerir que el mundo vegetal posee un nivel de complejidad decididamente bajo, la idea de que las plantas son organismos sensibles capaces de comunicarse, tener vida social, resolver problemas complejos mediante el uso de refinadas estrategias, de que son, en una palabra, «inteligentes», ha aflorado en distintos momentos a lo largo de los siglos. En diferentes épocas y en contextos culturales heterogéneos, filósofos y científicos (de Platón a Demócrito, de

Linneo a Darwin, de Fechner a Bose, por citar sólo unos cuantos de los nombres más conocidos) han expresado su convicción de que las plantas están dotadas de habilidades mucho más refinadas que las que comúnmente se observan.

Hasta mediados del siglo pasado, se trataba tan sólo de intuiciones geniales, pero los descubrimientos de los últimos cincuenta años han arrojado luz por fin sobre el asunto, obligándonos a observar el mundo vegetal con nuevos ojos. De ellos hablaremos en el primer capítulo, en el que descubriremos que los motivos aducidos para negar la inteligencia de las plantas se fundamentan, aún hoy, no tanto en datos científicos, sino sobre todo en prejuicios y creencias que habitan desde hace milenios en la cultura humana. No obstante, el momento actual parece el más indicado para se produzca un giro en nuestra manera de pensar: gracias a decenas de experimentos, hemos empezado a ver las plantas como seres capaces de calcular y de elegir, de aprender y de recordar, tanto es así que, entre otras muchas polémicas más o menos razonables, hace algunos años Suiza –primer país en el mundo– reconoció sus derechos con una ley ad hoc.

Pero ¿qué son en verdad las plantas y cómo están hechas? El ser humano vive con ellas desde su aparición sobre la Tierra y, sin embargo, no podemos decir que las conozca. No se trata únicamente de un problema científico o cultural: la razón última de esta difícil relación reside en la distinta manera en que humanos y plantas han evolucionado.

El ser humano, como cualquier otro animal, posee órganos únicos y es, por lo tanto, un ser indivisible. Las plantas, en cambio, son organismos sésiles (es decir, que no pueden desplazarse), y por eso han evolucionado de manera distinta, construyendo un cuerpo modular, carente de órganos únicos. El motivo de esta «solución» es evidente: un depredador herbívoro que arrancase un órgano cuya función no pudiera llevarse a cabo en ninguna otra parte provocaría al instante la muerte de la planta.

Esta diferencia sustancial con respecto al mundo animal es también una de las principales razones que hasta hoy nos han impedido conocer a fondo las plantas y reconocerlas como seres inteligentes. Trataremos de explicar cómo ha ocurrido esto en el segundo capítulo, en el que veremos que todas las plantas son capaces de sobrevivir a depredaciones a gran escala y que son, en definitiva, muy diferentes de los animales: seres divisibles, dotados de numerosos «centros de mando» y con una estructura reticular no muy distinta a la de internet. En un futuro cercano, será cada vez más importante conocer bien las plantas. De ellas ha dependido nuestra existencia sobre la Tierra (sin la fotosíntesis nunca se habría creado el oxígeno que posibilita la vida de los animales del planeta) y de ellas depende aún hoy nuestra supervivencia (se hallan en la base de la cadena trófica), sin contar que ellas son también el origen de las fuentes energéticas (los combustibles fósiles) que desde hace milenios son el sostén de nuestra civilización. Se trata, por lo tanto, de «materias primas» preciosas, fundamentales para la alimentación, la medicina, la energía y los materiales. De ellas depende cada vez más nuestro futuro desarrollo científico y tecnológico.

En el tercer capítulo descubriremos que las plantas poseen los mismos cinco sentidos de los que está dotado el ser humano: vista, oído, tacto, gusto y olfato, cada uno de ellos desarrollado a la manera «vegetal», obviamente, pero no por ello menos satisfactoria. Así pues, ¿es lícito pensar que, desde este punto de vista, sean similares a nosotros? Nada más lejos: las plantas son extremadamente más sensibles y, además de nuestros cinco sentidos, poseen por lo menos otros quince. Por ejemplo, sienten y calculan la gravedad, los campos electromagnéticos, la humedad y son capaces de analizar numerosos gradientes químicos.

Las similitudes, contrariamente a lo que suele creerse, acaso se acentúan más en el aspecto social. En el cuarto capítulo veremos que gracias a sus sentidos las plantas se orientan en el mundo e interactúan con otros organismos vegetales, con los insectos y con

los animales, con los que se comunican mediante moléculas químicas e intercambian información. Las plantas hablan entre ellas, reconocen a sus familiares y dan pruebas de tener caracteres distintos. Al igual que en el reino animal, en el vegetal existen plantas oportunistas y plantas generosas, honestas y falaces, que recompensan a quienes les ayudan y castigan a quienes tratan de lastimarlas.

¿Cómo negar que sean inteligentes? En última instancia, se trata de una cuestión terminológica y depende de la definición de inteligencia que elijamos. En el quinto capítulo veremos que la inteligencia puede interpretarse como la «capacidad para resolver problemas» y nos daremos cuenta de que, si partimos de esta definición, las plantas no sólo son inteligentes, sino incluso brillantes a la hora de adoptar soluciones con las que hacer frente a las dificultades inherentes a su existencia. A modo de ejemplo: las plantas no poseen un cerebro como el nuestro, pero a pesar de ello son capaces de responder de manera adecuada a estímulos externos e internos; por decirlo en términos que pueden parecer extraños aplicados a una planta: son «conscientes» de lo que son y de lo que las rodea.

El primero en sugerir, apoyándose en datos científicos ciertos y cuantificables, que las plantas eran organismos mucho más sofisticados de lo que se pensaba fue Charles Darwin. Hoy en día, a casi un siglo y medio de distancia, disponemos de un imponente corpus de investigación que atestigua que las plantas superiores son, en efecto, «inteligentes», es decir, capaces de captar señales procedentes del entorno, de elaborar la información obtenida y de calcular las soluciones más adecuadas para la supervivencia. Pero esto no es todo: las plantas evidencian también lo que se conoce como «inteligencia de enjambre», que les permite comportarse no como un individuo, sino como una multitud y manifestar comportamientos grupales similares a los de una colonia de hormigas, un banco de peces o una bandada de pájaros.

En general, las plantas podrían vivir sin nosotros. Nosotros, en cambio, sin ellas nos extinguiríamos en poco tiempo. Y aun así, tanto en nuestra lengua como en casi todas las demás, expresiones como «vegetar» o «ser un vegetal» han pasado a indicar unas condiciones de vida reducidas a su mínima expresión.

«¿Quién es aquí el vegetal?» Si las plantas pudieran hablar, quizá ésta sería una de las primeras preguntas que nos harían.

I

La raíz del problema

Al principio fue el verde: un caos de células vegetales. Después Dios creó los animales y, por último, al más insigne entre ellos: el hombre. En la Biblia, como en muchos otros mitos cosmogónicos, el hombre es el fruto supremo de los esfuerzos divinos, el elegido. Aparece casi al final de la Creación, cuando todo está ya dispuesto para él, listo para ser sometido y gobernado por el «amo de todo lo creado».

Como sabemos, la obra divina se realiza en un espacio de siete días. Las plantas se crean al tercero, mientras que la más presuntuosa de las criaturas vivas viene al mundo –en último lugar– sólo al sexto. Un orden de llegada que, con las diferencias que se quieran, respalda el actual saber científico, según el cual las primeras células vivientes capaces de realizar la fotosíntesis aparecieron en el planeta hace más de 3.500 millones de años, mientras que del primer *Homo sapiens*, el llamado «hombre moderno», no se tienen noticias hasta hace doscientos mil años (que en términos evolutivos es como decir hace un rato). El hecho de haber llegado el último no le ha impedido al ser humano sentirse un privilegiado, a pesar de que los actuales conocimientos en materia de evolución hayan redimensionado de forma drástica su rol como «dominador del universo», relegándolo al menos prestigioso papel de «último en llegar». Una posición relativa que no le garantiza a priori ninguna supremacía sobre las demás especies, a pesar de que un buen número de condicionamientos culturales nos muevan a pensar lo contrario.

A lo largo de los siglos, multitud de filósofos y científicos han expuesto la idea de que las plantas están provistas de «cerebro» o «alma» y de que incluso los organismos vegetales más simples son capaces de percibir y reaccionar a los estímulos externos. De Platón a Demócrito, de Fechner a Darwin (por citar sólo unos pocos ejemplos), algunas de las mentes más geniales de todos los tiempos se han mostrado favorables a admitir la inteligencia vegetal, atribuyendo en algunos casos a las plantas la capacidad de sentir o, en otros, imaginándolas como hombres con la cabeza bajo tierra: seres vivos, sensibles, inteligentes y dotados de todas las facultades humanas, a excepción de las que les impide esa… curiosa posición.

Decenas de grandes pensadores han teorizado y documentado la inteligencia de los vegetales. Y, sin embargo, la convicción de que las plantas son seres menos inteligentes y evolucionados incluso que los invertebrados, y de que en una «escala evolutiva» hipotética e inexistente –aunque bien arraigada en nosotros– figuran apenas un escalafón por encima de los objetos inanimados, resiste en la cultura humana en todas las latitudes y se manifiesta aquí y allá en nuestras actitudes cotidianas. Por muchas que sean las voces que, apoyándose en experimentos y descubrimientos científicos, se muestren a favor de la admisión de la inteligencia vegetal, muchas más son las que se oponen a esta hipótesis. Como si existiera entre ellas un acuerdo tácito, las religiones, la literatura, la filosofía y hasta la ciencia moderna han trabajado codo con codo para divulgar en la cultura occidental la idea de que las plantas son seres dotados de un nivel de vida (de «inteligencia», por el momento, ya ni hablemos) inferior al del resto de especies vivas.

LAS PLANTAS Y LAS GRANDES RELIGIONES MONOTEÍSTAS

«De cada especie de aves, de ganados y de reptiles vendrán a ti por parejas para que conserven la vida» (Génesis 6,20). Con estas palabras, según el Antiguo Testamento, indicó Dios a Noé qué cosas

salvar del diluvio universal para que la vida pudiera perpetuarse en nuestro planeta. Así pues, antes del diluvio, Noé, obedeciendo el sagrado dictamen, cargó en el arca aves, animales y toda criatura que se moviera: seres «puros» y seres «impuros» por parejas, a efectos de garantizar la reproducción de las especies. ¿Y las plantas? No hay mención alguna de ellas. En las Sagradas Escrituras, el mundo vegetal no sólo no se considera igual al animal, sino que ¡ni siquiera se lo considera! Queda abandonado a su suerte, que probablemente consista en quedar aniquilado bajo el diluvio o sobrevivir junto con los objetos inanimados. Las plantas merecen tan poca consideración que no hay ni que preocuparse por ellas.

Sin embargo, las contradicciones de este pasaje no tardan en manifestarse. Y la primera se hace patente poco más adelante, en la misma narración. Tras el largo naufragio del arca, cuando ya hace varios días que ha cesado la lluvia, Noé echa a volar una paloma para que le traiga noticias del mundo. ¿Ha emergido alguna porción de tierra? ¿Se halla cerca? ¿Será habitable? La paloma da respuesta a todas esas preguntas al regresar con una rama de olivo en el pico: la planta es la prueba de que la tierra ha emergido y de que sobre ella la vida vuelve a ser posible. Noé, por consiguiente (aunque en ningún momento lo afirme de forma explícita), sabe muy bien que sin plantas no puede haber vida sobre la Tierra.

La noticia de la paloma pronto se confirma y poco después el arca encalla en el monte Ararat. El gran patriarca desembarca, hace bajar a los animales y da gracias al Señor. Su misión ha quedado cumplida. Y ¿qué es lo primero que hace Noé, ahora libre? Plantar una viña. Pero ¿de dónde sale esa viña, si no se la menciona en ninguna otra parte de la historia? Evidentemente, antes del diluvio, Noé la habría llevado consigo, consciente de su utilidad, aunque no de su pertenencia a las especies vivas.

De este modo, sin que el lector se dé cuenta, la narración de las Sacras Escrituras transmite la idea de que las plantas no son criaturas vivas. A dos de ellas, el olivo y la viña, el Génesis les

atribuye el valor del renacimiento y de la vida, pero al mundo vegetal en general no se le reconoce ninguna característica vital. No puede decirse que el cristianismo sea la única religión que niega a las plantas el estatuto de seres vivos. También el islam y otras confesiones religiosas se han negado implícitamente a reconocer su vida, equiparándolas de facto a los objetos inanimados. El arte islámico, por ejemplo, con el fin de respetar la prohibición de representar a Dios o cualquier otra criatura viva, se entrega generosamente a la representación de plantas y flores, de suerte que el estilo floral se ha convertido en poco menos que su seña de identidad, gracias, por supuesto, a la convicción de que los vegetales no son seres vivos: de no ser así, ¡sería imposible representarlos! Lo cierto es que en el Corán no figura ninguna prohibición expresa contra la representación de los animales; la interdicción se encuentra en los hadices –los dichos del profeta Mahoma, base de la interpretación de la ley coránica–, en virtud del hecho de que en el islam no existe más divinidad que Dios, de quien todo procede y a quien todo representa. Lo cual, como es evidente, no vale para las plantas.

Sin embargo, no todas las religiones mantienen la misma relación con el mundo vegetal. Los indios de América y varios otros pueblos indígenas les atribuyen un carácter incontestablemente sacro.

La relación entre la especie humana y las plantas es ambivalente. El judaísmo, por ejemplo, pese a basarse en el Antiguo Testamento, prohíbe la destrucción gratuita de los árboles y celebra su año nuevo (Tu Bishvat). La ambivalencia reside en el hecho de que, por un lado, el hombre es totalmente consciente de no poder prescindir de las plantas, al mismo tiempo que, por otro, se niega a reconocer la función que a éstas les corresponde en el planeta.

Mientras que algunas religiones han sacralizado los vegetales (o mejor, parte de ellos), otras han llegado hasta el punto de odiarlos e incluso demonizarlos. Así ocurrió, por ejemplo, durante la Inquisición, con las plantas supuestamente utilizadas en las

pociones de las mujeres acusadas de brujería: junto con las brujas, también el ajo, el perejil y el hinojo fueron sometidos a procesos. Por lo demás, aún hoy las plantas con efectos psicotrópicos gozan de un trato especial: algunas están prohibidas (¿cómo puede prohibirse una planta?, ¿podría prohibirse un animal?), otras están controladas y otras son sagradas y las usan los chamanes en sus ceremonias tribales.

EL MUNDO VEGETAL SEGÚN LOS ESCRITORES Y LOS FILÓSOFOS

Denostadas o amadas, ignoradas o sacralizadas, las plantas forman parte de nuestra vida y, por consiguiente, del folclore y la literatura. Pero la fantasía de los artistas y los escritores que crean una obra contribuye a la construcción de una visión del mundo. Intentemos, pues, extraer del arte algunos datos acerca de la relación entre el ser humano y el mundo vegetal.

Aunque existen importantes excepciones, los escritores se refieren por lo común al mundo vegetal como a un elemento del paisaje, estático e inorgánico, pasivo, como una colina o una cadena montañosa.

En filosofía –ya lo hemos apuntado–, los interrogantes acerca de la naturaleza de los organismos vegetales han animado durante siglos las discusiones de las mentes ilustres. Si las plantas estaban dotadas o no de vida (o «alma», como se usaba decir entonces), fue una pregunta que encendió interminables disputas ya varios siglos antes de Cristo. En Grecia, patria de la filosofía occidental, coexistieron durante mucho tiempo dos posiciones opuestas: por un lado, la de Aristóteles de Estagira (384/383 a. C.-322 a. C.), que creía que el mundo vegetal estaba más próximo al inorgánico que al de los seres vivos; por otro, la de Demócrito de Abdera (460 a. C.-360 a. C.) y sus seguidores, que demostraron tener a las plantas

en gran consideración, hasta el punto de equipararlas con el ser humano.

En sus clasificaciones, Aristóteles dividió a los seres vivos en función de la presencia o ausencia de alma, un concepto que para el filósofo no tiene nada que ver con la espiritualidad; para comprenderlo, debemos remontarnos a la raíz de la palabra «animado», que todavía hoy significa «que tiene la capacidad de moverse». En una de sus obras, escribe: «Dos son las peculiaridades con respecto a las cuales nosotros caracterizamos el alma: el movimiento y el sentido» (*De anima*, I-II, 403b). Partiendo de esta definición, confirmada por las observaciones que los tiempos permitían, Aristóteles consideró en un principio que las plantas eran seres «inanimados».

Poco después, no obstante, tuvo que retractarse. A fin de cuentas, las plantas eran capaces de reproducirse. ¿Cómo sostener que eran seres inanimados? El filósofo optó entonces por una solución distinta y las dotó de un alma de nivel bajo, un alma vegetativa creada expresamente para ellas y que, en la práctica, permitía tan sólo la reproducción. Si bien las plantas no podían considerarse iguales a los objetos inanimados, pues poseían capacidad reproductiva, tampoco había que creer –sentenció Aristóteles– que fueran tan diferentes.

El pensamiento aristotélico influenció la cultura occidental durante muchos siglos, sobre todo en determinadas disciplinas científicas, como la botánica, que se vio condicionada por él casi hasta las puertas de la Ilustración. No debe, pues, sorprendernos que durante un largo período de tiempo los filósofos hayan seguido considerando a las plantas como seres «inmóviles», indignos de ulteriores reflexiones.

En cualquier caso, desde la Antigüedad hasta nuestros días tampoco han faltado quienes han tributado grandes honores al mundo vegetal.

Demócrito, por ejemplo, casi un siglo antes de Aristóteles, describía las plantas de una manera completamente distinta. Su

filosofía se basaba en el mecanicismo atomista: todos los objetos, por inmóviles que parezcan, están constituidos de átomos en continuo movimiento intercalados con el vacío. Según esta imagen de la realidad, para el filósofo todo se movía, también las plantas. Es más, sostenía que los árboles podían equipararse a hombres puestos del revés, con la cabeza clavada en el suelo y los pies en alto, imagen que se convertirá en recurrente en distintos momentos a lo largo de los siglos.

En la antigua Grecia, pues, la concepción aristotélica y la democritea dieron pie a menudo a una especie de ambivalencia inconsciente según la cual las plantas eran a la vez seres inanimados y organismos inteligentes.

A mediados del siglo XVIII esta doble visión seguía viva en la mente y las obras del padre de la botánica sistemática: Linneo.

LOS PADRES DE LA BOTÁNICA: LINNEO Y DARWIN

Carl Nilsson Linnaeus (1707-1778), más conocido como Carl von Linné, fue un médico, explorador y naturalista que se ocupó, entre otras cosas, de clasificar todas las plantas. De aquí que se lo recuerde también como «el gran clasificador», título que le hace justicia sólo en parte, puesto que su titánica obra de clasificación fue de la mano durante toda la vida de una intensa actividad como investigador.

En lo tocante al mundo vegetal, Linneo hizo gala de unas ideas muy personales casi desde buen principio. En un primer momento localizó en los «órganos reproductores» y el «sistema sexual» de las plantas el criterio taxonómico principal sobre el cual urdir su labor clasificadora; curiosamente, esta elección le valió tanto la cátedra universitaria como una condena por «inmoralidad» (que las plantas pudieran tener sexo ya era cosa sabida, pero de aquí a que hubiera que estudiarlo para clasificarlas… La noticia, en su momento, fue motivo de escándalo). Más tarde, el científico se encaprichó con otra

teoría innovadora que sólo por azar fue tenida por menos criticable que la primera para la época: sostuvo, con sorprendente determinación y sencillez, que las plantas… duermen.

Incluso el título de su *Somnus plantarum* (El sueño de las plantas), un breve tratado de 1755, deja poco espacio para la cautela que por esos años era común entre los científicos para defender sus teorías ante posibles ataques. A partir de los conocimientos científicos de la época y de sus prolongadas observaciones de la distinta posición que las hojas y ramas adoptan durante la noche, Linneo lo tuvo relativamente fácil para afirmar que las plantas duermen. Por lo demás, todavía faltaban unos siglos para que el sueño fuese reconocido como una función biológica fundamental vinculada a las actividades más evolucionadas del cerebro, de modo que la idea ni siquiera fue rebatida. Hoy en día, la teoría sigue contando con un nutrido número de opositores, y probablemente el propio Linneo, de haber conocido las múltiples funciones del sueño, habría interpretado sus observaciones de manera distinta y habría terminado por negar a las plantas una actividad comparable con la de los animales. De todos modos, eso fue lo que hizo al menos en un caso: el de las plantas insectívoras. Linneo conocía muy bien las plantas que se alimentan de insectos, como por ejemplo la *Dionaea muscipula*. El científico observó cómo la planta se cerraba para atrapar y, acto seguido, digerir a los insectos, pero la realidad (que la planta se comiera al animal) resultaba tan incompatible con la rígida estructura piramidal de la naturaleza, en la que las plantas quedaban relegadas al escalafón más bajo, que Linneo, al igual que sus coetáneos, se devanó la cabeza por encontrar otras mil posibles explicaciones antes que admitir la pura evidencia. Al margen de la confirmación científica de sus afirmaciones, él mismo propuso en diversas ocasiones que los insectos no morían, sino que permanecían en el interior de la planta por voluntad y conveniencia, que se posaban en ella por casualidad y no porque ésta los hubiera atraído voluntariamente, e incluso que la trampa vegetal se cerraba por azar y que, en cualquier caso,

nunca habría sido capaz de retener a un animal. ¡La ambivalencia ante el mundo vegetal todavía estaba bien viva en la mente del gran botánico sueco!

Habrá que esperar a Charles Darwin y su tratado sobre las plantas insectívoras de 1875 para que un científico sostenga que existen organismos vegetales que se nutren de animales. Aunque ni siquiera Darwin, con su característica prudencia, llegó al extremo de definirlos como «carnívoros» (como hacemos hoy), pese a estar perfectamente informado de casos como los de algunas supercarnívoras pertenecientes al género *Nepenthes*, capaces de depredar incluso pequeños animales tales como ratones y otros mamíferos. ¡Y decían de las insectívoras!

La prudencia de Darwin no debe escandalizarnos más que la de Galileo y otros científicos de siglos pasados. Precisamente a su «diplomacia» debemos el que poco a poco hayan ido introduciéndose en la conciencia común –y en una comunidad científica por entonces conservadora en extremo– algunas ideas revolucionarias.

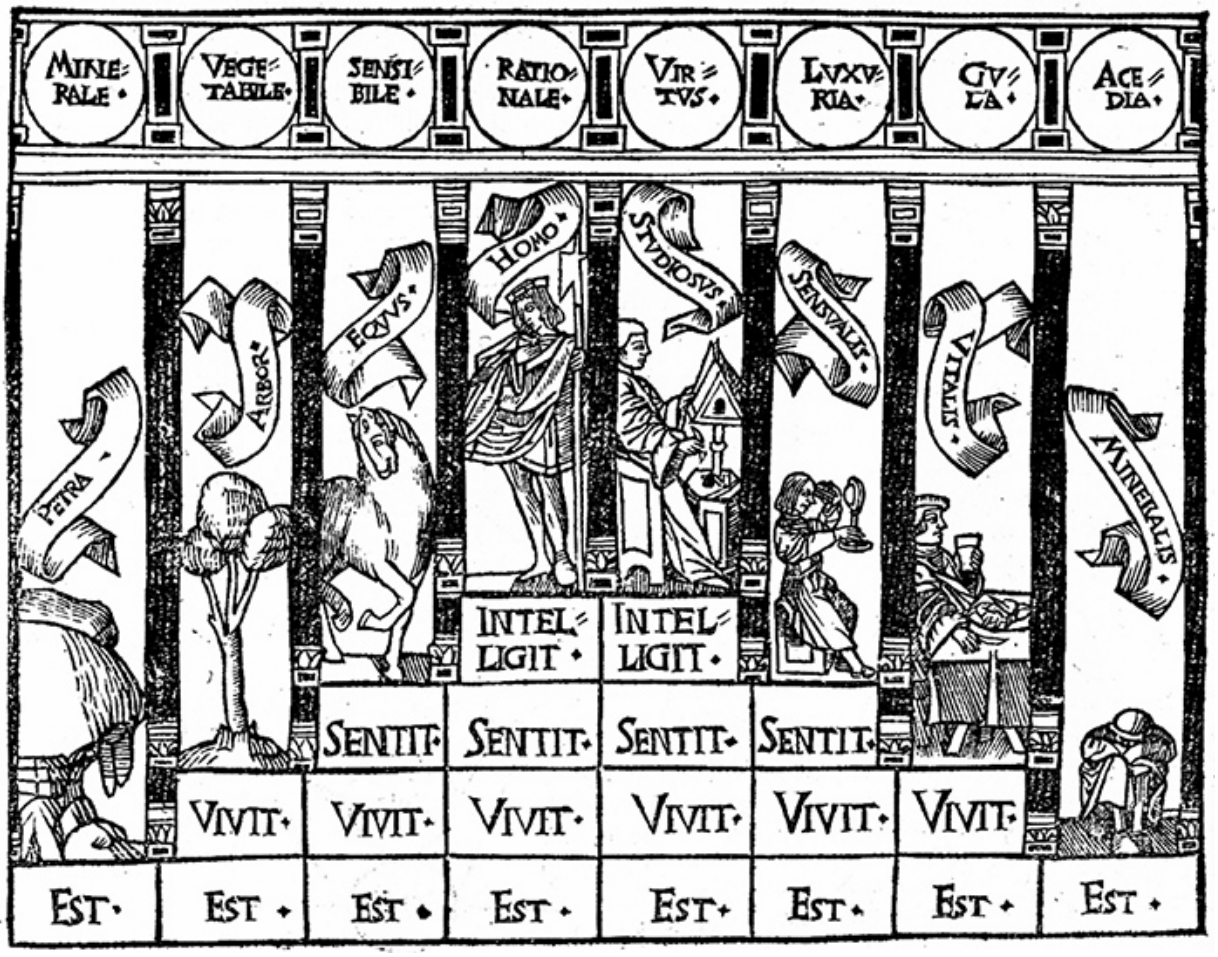
Pero volvamos un momento a Linneo y preguntémonos: ¿cómo pudo afirmar con tanta osadía que las plantas duermen sin que por ello lo persiguieran o lo desterraran de entre las filas de sus pares? La respuesta es sencilla: durante mucho tiempo se creyó que se trataba de una teoría sin ningún tipo de fundamento y que ni siquiera valía la pena refutarla. Además, ¿a quién podía importarle que las plantas durmiesen o no cuando al sueño no se le asignaba ninguna función específica?

Sólo hoy sabemos cuántas y cuán importante son las funciones vitales y cerebrales asociadas a este proceso fisiológico. Por lo demás, hace apenas una década la ciencia moderna aún sostenía que sólo los animales más evolucionados duermen, hasta que el neurocientífico italiano Giulio Tononi lo desmintió en el año 2000 al demostrar que también la mosca del vinagre, uno de los insectos más «simples» que existen, se toma sus bien merecidos descansos.

¿Por qué, pues, no deberían descansar las plantas? Tal vez la única explicación posible sea que esta posibilidad no encaja con la idea que tenemos formada acerca de los vegetales.

EL SER HUMANO ES EL SER MÁS EVOLUCIONADO DEL PLANETA. ¿O NO?

Lamentablemente, con pocas excepciones o ninguna, la idea del mundo vegetal y de la llamada «pirámide de los seres vivos» que desde hace siglos llevamos en nuestro interior es la que aparece en el *Liber de sapiente* (Libro de la sabiduría) de Charles de Bovelles (1479-1567), publicado en 1509.



La «Pirámide de los seres vivos» de Charles de Bovelles, extraída del *Liber de sapiente* (1509); nuestra visión del mundo natural todavía es muy parecida.

A este propósito, una iluminadora ilustración del volumen vale más que mil palabras: en ella se muestran las especies vivas y no vivas, ordenadas en gradación ascendente. Empieza por las rocas (a las que se asigna el lapidario comentario «est», queriendo decir que una roca existe y punto, sin más atributos), sigue con las plantas («est et vivit», es decir, que la planta existe y está viva, pero nada más) y los animales («sentit», esto es, están dotados de sentidos), hasta llegar al hombre («intelligit», sólo a él le está reservada la facultad del entendimiento). Esta idea de cuño renacentista de que entre los seres vivos existen especies más o menos evolucionadas y dotadas de mayores o menores

capacidades vitales sigue en auge en nuestros días. Forma parte de nuestro humus cultural y resulta casi imposible prescindir de ella a pesar de que hayan transcurrido más de ciento cincuenta años desde la publicación, en 1859, de *El origen de las especies*, la fundamental obra que Charles Darwin nos regaló para que pudiéramos comprender la vida de nuestro planeta. Tanta es su importancia que el gran biólogo Theodosius Dobzhansky escribió: «En biología nada tiene sentido si no es a la luz de la evolución».

Las teorías del gran estudioso británico, que fue biólogo, botánico, geólogo y zoólogo, pertenecen hoy en día al patrimonio científico de la humanidad. Sin embargo, la idea de que las plantas son seres pasivos, insensibles y carentes de toda capacidad de comunicación, comportamiento y cálculo –fruto de una imagen de la evolución de todo punto errónea– todavía se halla fuertemente radicada incluso dentro de la comunidad científica.

Fue el propio Darwin quien demostró más allá de toda duda razonable que la situación es totalmente otra, pues no existen organismos más o menos evolucionados: desde el punto de vista darwiniano, todos los seres vivos que hoy habitan la tierra se encuentran en el extremo de su rama evolutiva, de lo contrario se habrían extinguido. La cuestión no es baladí, ya que para Darwin encontrarse en el extremo de la cadena evolutiva significa haber demostrado, en el curso de la evolución, una extraordinaria capacidad adaptativa.

El genial naturalista tenía muy claro que las plantas son criaturas extremadamente sofisticadas y complejas, con capacidades muy por encima de las que por lo común se les reconocen. Darwin dedicó gran parte de su vida y sus obras al estudio de la botánica (seis libros y unos setenta ensayos), disciplina de la que se valió incluso para ilustrar la teoría de la evolución, gracias a la que goza de fama imperecedera. Con todo, el enorme volumen de las investigaciones de Darwin sobre el mundo vegetal ha permanecido siempre en segundo plano, lo que demuestra una vez más –como si a estas

alturas fuera necesario– la escasa consideración de que han gozado siempre las plantas en el ámbito científico.

En su libro de 1994, *One Hundred and One Botanists*, Duane Isely afirma:

> Sobre Darwin se ha escrito más que sobre cualquier otro biólogo […]. Raramente se lo presenta como botánico […]. Casi todos los darwinistas mencionan, es cierto, el hecho de que escribiera varios volúmenes acerca de sus investigaciones con plantas, pero de paso, como diciendo: «Qué se le va hacer, el gran hombre necesitaba divagar de vez en cuando».

Darwin escribe y declara en varias ocasiones que para él las plantas son los seres vivos más extraordinarios que conoce («siempre me ha gustado destacar las plantas dentro del orden de los seres vivos», confiesa en su autobiografía), tesis que retoma y amplía en el fundamental *The Power of Movement in Plants*, publicado en 1880. Darwin es un científico a la vieja usanza: observa la naturaleza y deduce sus leyes. Pese a no ser un gran experimentador, en este libro ilustra los resultados obtenidos mediante cientos y cientos de experimentos realizados junto a su hijo Francis con el objeto de describir e interpretar los innumerables movimientos de las plantas: multitud de movimientos distintos que en la mayor parte de los casos no se producen en la parte aérea, sino en la raíz, zona que llega a identificar con una especie de «centro de mando».

Para el naturalista inglés, el último capítulo de sus obras siempre es el más importante. En él recoge las consideraciones definitivas acerca del argumento tratado, plasmándolas de manera sencilla y accesible a todo el mundo. Un ejemplo admirable lo encontramos en el famoso epílogo de *El origen de las especies*:

> Hay grandiosidad en esta concepción de que la vida, con sus diferentes fuerzas, ha sido alentada por el Creador en un corto

> número de formas o en una sola, y que, mientras este planeta ha ido girando según la constante ley de la gravitación, se han desarrollado y se están desarrollando, a partir de un principio tan sencillo, infinidad de formas, a cuál más bella y maravillosa.

En el último y significativo capítulo de su obra sobre el movimiento de las plantas, el estudioso afirma estar claramente convencido de que existe en la raíz algo similar al cerebro de los animales inferiores (afirmación importante sobre la que volveremos, véanse pp. 114-116). Las plantas, ciertamente, poseen miles de ápices radicales, cada uno de los cuales con su propio «centro de cálculo». Lo llamaremos así para que hasta los críticos más malintencionados se den cuenta de que desde Darwin en adelante nadie ha pensado o escrito que en las raíces de las plantas se encuentre un cerebro de verdad –en forma de nuez y semejante al del ser humano– que durante milenios había pasado desapercibido; la hipótesis consiste más bien en pensar que en el ápice radical existe un órgano vegetal análogo, dotado de muchas de las funciones del cerebro animal. Nada de que escandalizarse.

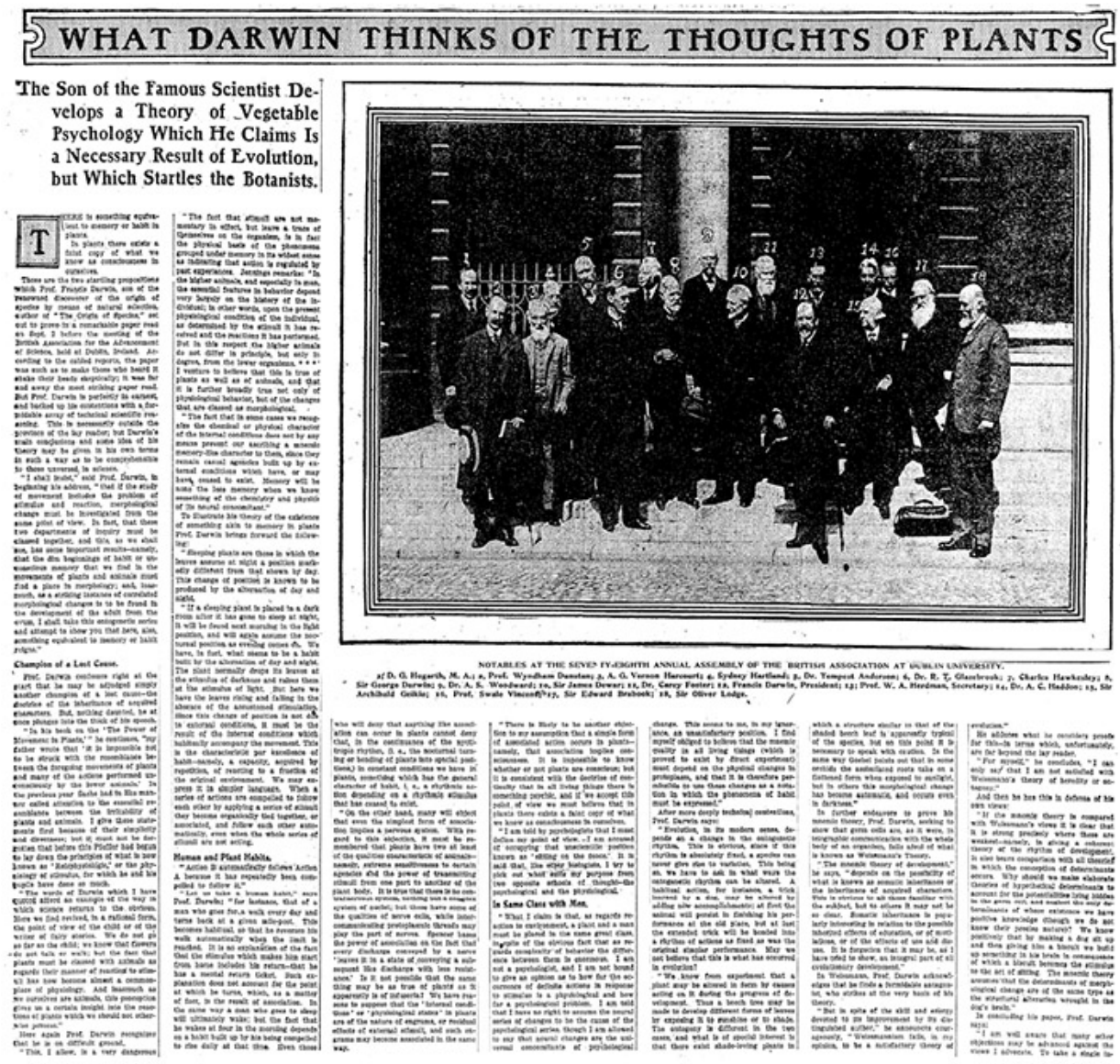
Las consecuencias de las afirmaciones de Darwin podían ser enormes, pero el científico se guardó mucho de desarrollarlas en sus libros. Darwin, que escribió *The Power of Movement in Plants* siendo ya anciano, seguramente era consciente de que las plantas deben ser vistas como organismos inteligentes, pero sabía también que una afirmación como ésa habría provocado un aluvión de críticas contra sus estudios. No olvidemos que ya había tenido problemas para defender la teoría de que el ser humano desciende del simio. Prefirió, pues, dejar a otros, y en especial a su hijo, el deber de desarrollar su tesis.

Las ideas y los estudios de Charles influenciaron profundamente a Francis Darwin (1848-1925), que amplió las investigaciones paternas hasta convertirse en uno de los primeros docentes en fisiología vegetal del mundo y escribir el primer tratado en lengua inglesa sobre esta nueva disciplina. A finales del siglo XIX, asociar

ambas ideas (la de las plantas y la de la fisiología) todavía tenía algo de paradójico. Sin embargo, Francis, que durante muchos años había estudiado las plantas y su comportamiento junto a su padre, había llegado incluso a convencerse de su inteligencia. El 2 de septiembre de 1908 –siendo ya un estudioso de fama mundial por méritos propios–, con ocasión de la inauguración del congreso anual de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, dejó a un lado las cautelas y declaró que «las plantas son seres inteligentes». Como era natural, su afirmación levantó una gran polvareda, pero Francis se ratificó, aportando nuevas pruebas, en un artículo de treinta páginas publicado en la revista *Science* ese mismo año.

Sus afirmaciones tuvieron un eco extraordinario y el debate saltó a los periódicos de todo el mundo, dividiendo a los estudiosos en dos facciones opuestas. Por un lado, quienes –persuadidos por las pruebas aportadas por Francis Darwin a favor de sus afirmaciones– enseguida se convencieron de la existencia de una inteligencia vegetal; por otro, quienes rechazaban rotundamente esa posibilidad. ¡Igual que en la antigua Grecia!

Algunos años antes de que se produjera ese debate, Charles Darwin había mantenido una abultada correspondencia con un botánico de Liguria, injustamente olvidado pese a ser uno de los naturalistas más importantes de su tiempo, al que incluso puede atribuirse el nacimiento de la biología vegetal. Estamos hablando de Federico Delpino (1833-1905), director del Jardín Botánico de Nápoles, un estudioso extraordinario que, gracias a su carteo con Darwin, se había convencido de la inteligencia de los vegetales y se había puesto a investigar sus facultades sobre el terreno, dedicándose durante mucho tiempo de la llamada «mirmecofilia», es decir, la simbiosis que algunas plantas establecen con las hormigas (el término proviene del griego *múrmex*, «hormiga», y *phílos*, «amigo»).



WHAT DARWIN THINKS OF THE THOUGHTS OF PLANTS

The Son of the Famous Scientist Develops a Theory of Vegetable Psychology Which He Claims Is a Necessary Result of Evolution, but Which Startles the Botanists.

NOTABLES AT THE SEVENTY-EIGHTH ANNUAL ASSEMBLY OF THE BRITISH ASSOCIATION AT DUBLIN UNIVERSITY.

1 D. G. Hogarth, M. A.; 2, Prof. Wyndham Dunstan; 3, A. G. Vernon Harcourt; 4, Sydney Hartland; 5, Dr. Tempest Anderson; 6, Dr. R. T. Glazebrook; 7, Charles Hawksley; 8, Sir George Darwin; 9, Dr. A. S. Woodward; 10, Sir James Dewar; 11, Dr. Carey Foster; 12, Francis Darwin, President; 13; Prof. W. A. Herdman, Secretary; 14, Dr. A. C. Haddon; 15, Sir Archibald Geikie; 16, Prof. Swale Vincent; 17, Sir Edward Brabrook; 18, Sir Oliver Lodge.

La página del *New York Times* con la noticia del anuncio hecho público por Francis Darwin en el congreso anual de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia en 1908: las plantas poseen una forma primordial de inteligencia.

Darwin sabía muy bien que muchas plantas producen néctar también fuera de las flores (la mayor parte, obviamente, se produce en la flor con el fin de atraer a los insectos y utilizarlos como difusores de polen durante la polinización) y había observado que dicho néctar, rico en azúcar, atrae a las hormigas. Sin embargo, nunca llegó a estudiar el fenómeno de manera detallada porque

estaba convencido de que la producción «extrafloral» (por producirse fuera de la flor) del néctar se debía básicamente a la eliminación de sustancias residuales por parte de la planta. Pero Delpino no estaba de acuerdo con el maestro en este punto. El néctar es una sustancia energética cuya producción supone para la planta un gran esfuerzo. ¿Por qué motivo –se preguntaba el botánico– iba a deshacerse de él? Sin duda, la explicación tenía que ser otra. Partiendo de la observación de las hormigas, Delpino llegó a la conclusión de que las plantas mirmecófilas secretan néctar fuera de la flor precisamente para atraer a estos insectos y servirse de ellos para una sutilísima estrategia defensiva: las hormigas, al estar bien alimentadas, defienden a las plantas de los herbívoros como si fueran auténticos guerreros. ¿Nunca os habéis apoyado en una planta o en un árbol y habéis tenido que alejaros rápidamente debido a los mordiscos de estos pequeños himenópteros? Las hormigas salen de inmediato en defensa de la planta que las hospeda y agreden al potencial depredador, obligándolo a retirarse. Se hace difícil negar que se trata de un comportamiento muy beneficioso para ambas especies.

De hecho, según los entomólogos, las hormigas manifiestan un comportamiento inteligente al defender su fuente de sustento. Los botánicos, en cambio, opinaban (y opinan) de forma totalmente distinta y pocos de ellos están dispuestos a sostener que también el comportamiento de la planta es inteligente (y voluntario) y que la secreción del néctar es una estrategia consciente para reclutar a tan insólito ejército de guardaespaldas.

LAS PLANTAS: ETERNAS SEGUNDONAS

Llegados a este punto, no debe sorprendernos que muchos descubrimientos científicos de primer orden producidos gracias a la experimentación con plantas hayan tenido que esperar varios decenios para verse «confirmados» por investigaciones idénticas

realizadas con animales. Algunos descubrimientos relativos a mecanismos fundamentales de la vida han permanecido sustancialmente ignorados o muy infravalorados mientras sólo afectaban al mundo vegetal, pero han adquirido fama repentina en cuando han podido aplicarse también al mundo animal.

Pensemos en los experimentos de Gregor Johann Mendel (1822-1884) con los guisantes: marcaron el inicio de la genética, pero sus conclusiones permanecieron ignoradas durante cuarenta años, hasta que la genética vivió un *boom* gracias a los primeros experimentos con animales. O fijémonos en el caso, por una vez con final feliz, de Barbara McClintock (1902-1992), premio Nobel en 1983 por el descubrimiento de la transposición del genoma.

Antes de que esta estudiosa demostrase lo contrario, se creía que los genomas (es decir, el conjunto genético en su totalidad) eran fijos y no podían variar durante el curso de la vida de un ser vivo. Se trataba de una especie de dogma científico intocable: la «constancia del genoma». En los años cuarenta, la doctora McClintock descubrió que ese principio no era irrevocable y lo demostró con una serie de investigaciones realizadas sobre el maíz.

El suyo fue un descubrimiento fundamental, ¿por qué, entonces, no se le concedió el Nobel hasta cuarenta años más tarde? Muy sencillo: porque lo había hecho con plantas, y como las observaciones de McClintock iban contra la «ortodoxia académica», la estudiosa se vio marginada de la comunidad científica durante mucho tiempo. Sin embargo, a principios de los años ochenta, investigaciones análogas realizadas con animales demostraron que la transposición del genoma también se verificaba en otras especies. Fue ese «redescubrimiento», y no sus investigaciones, lo que le valió a McClintock el Premio Nobel y el legítimo reconocimiento de sus méritos.

Por supuesto, el de la transposición del genoma no es un caso único. La lista es larga: del descubrimiento de la célula (realizada por primera vez con plantas) a la de la interferencia de ARN, por el que Andrew Fire y Craig C. Mello recibieron el Nobel en 2006. Este

último consistió, básicamente, en el «redescubrimiento» en un tipo de gusano (*Caenorhabditis elegans*) de las investigaciones que Richard Jorgensen había llevado a cabo veinte años antes con las petunias. Resultado: nadie conoce los estudios sobre las petunias, pero un estudio análogo realizado con un humildísimo gusano (pero que no deja de ser un animal) equivale al Premio Nobel de Fisiología y Medicina.

Podríamos seguir dando ejemplos, pero la moraleja es siempre la misma: el mundo vegetal siempre queda en segundo plano, incluso dentro de la academia. Sin embargo, los investigadores a menudo se sirven de plantas debido a las semejanzas entre su fisiología y la de los animales, pero también porque los experimentos realizados con estos organismos suscitan menos problemas éticos. Aunque ¿estamos seguros de que las implicaciones éticas son menores? Esperamos que la lectura del presente libro sirva para insinuar alguna duda al respecto.

Cuando por fin se elimine la absurda sumisión del mundo vegetal al animal, las plantas podrán ser estudiadas por sus diferencias con los animales y no por su parecido, lo que redundará en resultados más útiles. Se abrirán así nuevos y fascinantes horizontes para la investigación. Aunque en este punto es lícito preguntarse: ¿qué investigador brillante se dedicaría a las plantas en lugar de a los animales, sabiendo que con ello se verá privado de la mayor parte de los reconocimientos científicos?

Como ya hemos visto, este resultado es el habitual en nuestra cultura. La escala de valores que suele aplicarse, tanto en la vida como en la ciencia, relega a las plantas al último escalafón de los seres vivos. Con ello, todo un reino, el vegetal, se ve subestimado aun a pesar de que de él dependen nuestra supervivencia en el planeta y nuestro futuro.

Sobre el sueño de las plantas, asunto que recibirá un tratamiento más extenso en el quinto capítulo, véanse:

ARISTÓTELES, «Acerca del sueño y de la vigilia», «Acerca de los ensueños» y «Acerca de la adivinación por los sueños», en *Acerca de la generación y la corrupción. Tratados breves de historia natural*, ed. Ernesto La Croce y Alberto Bernabé, Madrid, Gredos, 1998.

J. RAY, *Historia plantarum, species hactenus editas aliasque insuper multas noviter inventas & descriptas complectens*, Londres, Mariae Clark, 1686-1704.

J. J. D'ORTOUS DE MAIRAN, *Observation botanique. Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, París, 1729.

Para profundizar en el tema del sueño de la *Drosophila melanogaster,* véase:

P. J. SHAW, *et al*., «Correlates of Sleep and Waking in *Drosophila melanogaster*», *Science*, vol. 287, n.º 5459, 2000: pp. 1834-1837. El artículo también puede consultarse en la página web de la revista *Science*: http://www.sciencemag.org/content/287/5459/1834.full; doi: 10.1126/science.287.
5459.1834.

Para la historia de la idea de que las plantas pueden compararse a hombres del revés, véase:

L. REPICI, *Uomini capovolti. Le piante nel pensiero dei Greci*, Bari, Laterza, 2000.

La idea de que las plantas eran seres básicamente inmóviles o movidos por movimientos involuntarios quedó desterrada gracias a la obra de C. y F. Darwin, *The Power of Movement in Plants*, Londres, John Murray, 1880. El libro, auténtica piedra miliar de la neurobiología vegetal, fue reeditado en 2009 por Cambridge University Press.

El discurso del hijo de Darwin puede leerse en la revista *Science:*

F. DARWIN, «The Address of the President of the British Association for the Advancement of Science», *Science*, 18 de septiembre de 1908, pp. 353-362.

II

La planta, esa desconocida

El ser humano vive junto a las plantas desde hace unos doscientos mil años, es decir, desde su aparición sobre la Tierra. Doscientos mil años. Parece suficiente tiempo para conocer a alguien. Y, sin embargo, para nosotros no ha sido suficiente: no sólo sabemos muy poco aún sobre el mundo vegetal, sino que seguimos otorgando a las plantas la misma consideración que les tenían los primeros *Homo sapiens*.

Esta afirmación, aparentemente indemostrable, quedará más clara con un sencillo ejemplo. Tratemos de fijarnos en un animal –pongamos un gato– y describir sus características. ¿Qué podemos decir del gato? Por ejemplo, que es inteligente, astuto, afectuoso, sociable, oportunista, ágil, rápido y a saber cuántas cosas más. Ahora fijémonos en una planta –pongamos una encina– y describamos también sus características. ¿Qué podemos decir de la encina? Que es alta, umbrosa, nudosa, perfumada… ¿Y qué más? En el mejor de los casos, podremos añadir unas cuantas características estéticas y alguna apreciación acerca de su utilidad. En cualquier caso, no le asignaremos ningún atributo que aluda a su «dimensión social», mientras que en el caso del gato hemos dicho que es sociable (aunque también el adjetivo «individualista» habría servido para expresar un tipo de relación con el entorno). A un vegetal no le atribuiremos ningún tipo de inteligencia –mientras que al gato se la reconocemos sin dificultad alguna– ¡y mucho menos se nos pasará por la cabeza decir que la encina es afectuosa!

Sin embargo, hay algo que no encaja. ¿Cómo es posible que un ser vivo, estúpido, sin actitudes sociales e incapaz de mantener relaciones con el entorno haya sobrevivido y haya evolucionado? Si de veras las plantas presentaran un comportamiento tan defectuoso, la selección natural habría debido descartarlas hace ya tiempo.

Más allá de cualquier prueba a la inversa, la ciencia ha demostrado desde hace decenios que las plantas están dotadas de sensibilidad, que tejen relaciones sociales complejas y que pueden comunicarse entre ellas y con los animales. De todo ello hablaremos en los capítulos siguientes. ¿Por qué, entonces, el reino vegetal sigue siendo para el ser humano sólo una materia prima, un recurso alimentario o un adorno? ¿Qué nos impide ir más allá de esta primera valoración superficial de las formas de vida que lo pueblan?

EUGLENA CONTRA PARAMECIO: UN DUELO EN IGUALDAD DE CONDICIONES

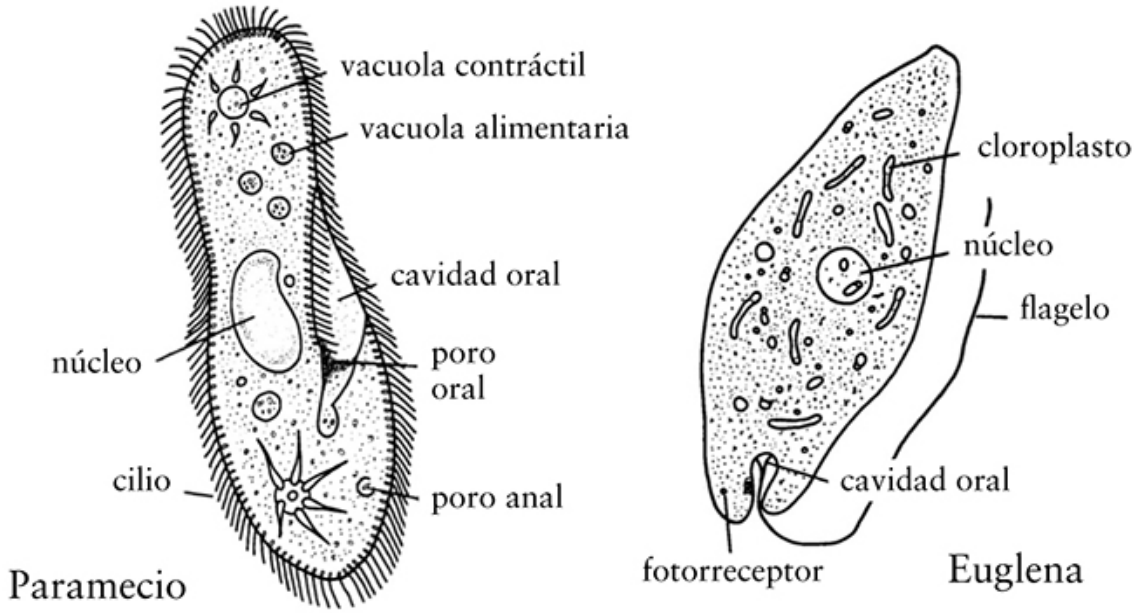
Además de los que hemos visto en el primer capítulo, existen otros dos factores culturales que influyen en nuestra percepción del mundo vegetal: uno de tipo evolutivo y otro de orden temporal.

Tratemos de analizar el primero (el factor evolutivo) empezando por la definición del término «evolución». ¿Qué entendemos por esta palabra? Por «evolución» entendemos un proceso lento y continuado de adaptación al entorno durante el cual los organismos vivos seleccionan las características más aptas para su supervivencia. Durante este proceso, cada especie adquiere o pierde caracteres y capacidades en función del tipo de hábitat en el que vive. El proceso tiene lugar a lo largo de un período de tiempo prolongado, pero puede provocar cambios macroscópicos entre las formas primigenias y terminales del organismo. La evolución ha tenido un papel fundamental en la diferenciación de animales y plantas, y hoy es parte del problema que nos impide conocer a

fondo el reino vegetal. Para entenderlo mejor, demos un salto atrás en el tiempo.

Entre los primeros organismos unicelulares que aparecieron en el planeta, se encontraban –como es sabido– las algas. Se trataba, pues, de seres vivos de tipo vegetal. Fueron ellas las que, a través de la fotosíntesis, crearon el oxígeno que hizo posible la difusión de la vida sobre la Tierra. Entonces, al igual que hoy, las células vegetales y animales no eran tan distintas entre sí como cabría pensar.

Es cierto que las células vegetales son más complejas porque, en comparación con las animales, poseen un orgánulo extra –el cloroplasto– en el que tiene lugar la fotosíntesis y una pared celular que rodea toda la célula, haciéndola mucho más robusta que una célula animal. Pero exceptuando estas dos diferencias, vegetales y animales son muy similares. Así pues, si tuviéramos que compararlas, debería ser evidente que entre una célula vegetal y una animal la primera es más sofisticada. Entonces, ¿cómo se explica el hecho de que cuando comparamos un organismo unicelular vegetal y uno, digamos, «animal», el segundo se considera más complejo, más evolucionado, en una palabra, mejor?



Estructura comparada del paramecio y la de la euglena: ambos organismos son muy similares, pero la segunda posee un ojo primigenio (fotorreceptor) que le permite percibir la luz.

Comparemos dos seres unicelulares, uno animal y uno vegetal: el paramecio y la euglena. Al considerar al paramecio como animal nos tomamos una pequeña licencia, puesto que hoy en día, junto con sus colegas los protozoos, se lo clasifica en un reino aparte, el de los protistas. Sin embargo, hasta hace pocos años, se lo consideraba un animal a todos los efectos, aun cuando en definitiva, por ser un protozoo –el propio nombre lo indica–, fuese un protoanimal (el término «protozoo» deriva del griego *prótos*, «primero», y *zóon*, «animal»).

El paramecio es un minúsculo organismo unicelular cuyo cuerpo está cubierto de cilios que hacen las veces de remos, lo que le permite nadar y desplazarse por el agua. Si lo observamos al microscopio, no podemos por menos de sentirnos fascinados ante sus elegantes evoluciones y movimientos, bajo los que se adivina un comportamiento refinado. Ciertamente, se trata de todo un campeón entre los seres vivos: pese a estar compuesto por una única célula, su actividad es asombrosa. Nos viene a la mente Herbert Spencer

Jennings (1868-1947), que en su libro *Behavior of Lower Organisms* (publicado en 1906), al hablar de otro animal unicelular como la ameba, se preguntaba: «¿Qué pensaríamos de la ameba si tuviese el tamaño de una ballena? ¿Sostendríamos aún con certeza que su comportamiento no debe considerarse producto de la voluntad o la inteligencia?».

Al otro lado del cuadrilátero, otra maravilla de la creación, una minúscula alga unicelular: la euglena. Hoy en día, se la incluye también en el reino de los protistas, pero sin duda es de naturaleza vegetal.

Al ser organismos muy simples, su observación y el descubrimiento de sus extraordinarias capacidades será útil para atacar la base misma de los prejuicios que tradicionalmente acompañan nuestro modo de ver el mundo vegetal. ¿Qué tienen en común estos seres unicelulares y en qué se diferencian? ¿Es cierto que los animales poseen de forma inherente una inteligencia, aunque sea mínima, y las plantas no?

Tratemos de hacernos una idea a partir del paramecio. Para ser tan pequeño, este ser está dotado de unas habilidades formidables: por ejemplo, es capaz de identificar la comida y de desplazarse para llegar a ella.

Por supuesto, también la euglena necesita energía para vivir. Por regla general, satisface sus necesidades energéticas mediante la fotosíntesis, como todos los vegetales, pero cuando hay poca luz se transforma en un depredador y se comporta como un animal. Es capaz de identificar la comida y puede moverse para obtenerla (así es: es un vegetal, pero ¡se mueve! Esta alga microscópica puede nadar con la ayuda de unos finísimos flagelos).

Obviamente, tanto el paramecio como la euglena pueden reproducirse. Cuando los vemos moverse en el agua no parece que haya muchas diferencias. Pero atención: a través del cuerpo del paramecio circulan unas señales eléctricas que transmiten información de una parte a otra de su única célula, de aquí que también sea conocido como *swimming neuron*, neurona que nada.

Una definición que parece muy adecuada para el paramecio. Pero por el cuerpo unicelular de la euglena circulan impulsos eléctricos del mismo tipo. Una vez más, van a la par.

Así pues, ¿el paramecio y la euglena son capaces de hacer las mismas cosas? ¿Es posible que este duelo entre animal y planta termine en empate? En absoluto, pero el desenlace es muy distinto del que podría esperarse. Uno de ellos se guarda un as en la manga, pero no es el paramecio, sino la euglena, que posee un don sorprendente que la erige en vencedora del combate: sabe realizar la fotosíntesis. Es más: para fotosintetizar mejor, ha desarrollado incluso un rudimentario sentido de la vista que le permite interceptar las frecuencias luminosas con el fin de situarse en el lugar donde pueda recibir mejor la luz.

Pero si la euglena puede hacer todo lo que hace el paramecio y, además, ve y puede producir energía transformando la luz del sol, ¿por qué nunca nadie se ha referido a ella como «neurona que nada» o de otro modo que subraye sus excepcionales capacidades? La respuesta es difícil. No existe una explicación racional para el hecho de que una prueba científica sólida como es la mayor capacidad de las células vegetales con respecto a las animales no haya sido, en general, tenida en consideración alguna.

HACE QUINIENTOS MILLONES DE AÑOS

Volvamos al obstáculo de tipo evolutivo del que hablábamos al principio del capítulo y demos un salto atrás en el tiempo de unos quinientos millones de años. Fue entonces cuando se produjo la diferenciación entre plantas y animales y los primeros organismos tomaron dos caminos distintos que, simplificando un poco, podríamos resumir así: las plantas optaron por un estilo de vida sedentario, y los animales por uno de tipo nómada. Dicho sea entre paréntesis, resulta sugerente pensar que esa misma elección a

favor de una vida sedentaria fue lo que condujo al nacimiento de las primeras grandes civilizaciones en la historia de la humanidad.

Las plantas, pues, se encontraron enseguida ante la necesidad de obtener de la tierra, el aire y el sol todo cuanto necesitaban para vivir; los animales, en cambio, tuvieron que alimentarse por fuerza de otros animales o de plantas, desarrollando así múltiples formas de locomoción (carrera, vuelo, nado, etc.). Por eso a las primeras se las define como «autótrofas» (del griego *autós*, «por sí mismo», y *trophé*, «comida»), es decir autosuficientes, pues no dependen de otros seres vivos para su supervivencia, y de los segundos se dice que son «heterótrofos» (del griego *éteros*, «otro»), ya que no son autosuficientes.

Generación tras generación, esa elección originaria ha conllevado otras diferencias fundamentales entre los reinos animal y vegetal, hasta el punto de que hoy pueden considerarse como el yin y el yang, el blanco y el negro del ecosistema. Las plantas son sedentarias y los animales, móviles, los animales son agresivos y las plantas, pasivas, los animales son veloces y las plantas, lentas. Podríamos crear decenas de pares antinómicos como éstos, pero al final el resultado siempre sería el mismo: durante los últimos quinientos años, el mundo vegetal y el animal han evolucionado de modo distinto.

Esa elección primigenia (el hecho de desarrollarse como seres sedentarios o móviles) ha resultado con el tiempo en una diferenciación extraordinaria en el cuerpo y el modo de vivir: los animales han optado por defenderse, alimentarse y reproducirse con el movimiento (o con la fuga). Las plantas han optado por hacer lo mismo permaneciendo estáticas, lo que las ha obligado a buscar soluciones de todo punto originales, por lo menos desde nuestro punto de vista (que, no lo olvidemos, es el de los animales).

LA PLANTA ES UNA COLONIA

Para empezar, por el hecho de ser inmóviles y, por consiguiente, estar sujetas a la depredación de los animales, las plantas han desarrollado una suerte de «resistencia pasiva» a los ataques externos. Su cuerpo está construido a partir de una estructura modular, en la que cada parte es importante, pero ninguna del todo indispensable. Esta estructura implica una ventaja fundamental con respecto al reino animal, sobre todo si pensamos en el número de herbívoros presentes en el planeta y la esencial imposibilidad de escapar a sus voraces apetitos. La principal ventaja de tener un organismo modular –por poner un ejemplo– consiste en que, para las plantas, que se las coman no significa un gran problema. ¿Qué animal puede decir lo mismo?

Como veremos, la fisiología vegetal se basa en principios distintos que la animal. Mientras que los animales han evolucionado concentrando casi todas las funciones vitales importantes en unos pocos órganos –el cerebro, los pulmones, el estómago, etc.–, las plantas han tenido en cuenta a los depredadores y han evitado agrupar sus capacidades en unas pocas zonas neurálgicas. Es como quien, teniendo muchas probabilidades de que le roben, evita guardar todo el dinero en un mismo sitio y lo reparte entre varios escondrijos con la idea de minimizar las pérdidas en caso de hurto, o como quien diversifica sus inversiones para relativizar el riesgo. En resumen: lo que podríamos llamar una decisión sabia.

En las plantas, las funciones no van ligadas a los órganos. Esto significa que los vegetales respiran sin tener pulmones, se alimentan sin tener boca ni estómago, se mantienen erguidas sin tener esqueleto y, como veremos enseguida, son capaces de tomar decisiones sin tener cerebro.

Gracias a esta fisiología tan particular, pueden escindirse porciones amplias de la planta sin poner en peligro su supervivencia: algunas plantas pueden ser depredadas hasta el 90 o 95 por ciento y después volver a crecer de manera normal a partir del pequeño núcleo superviviente. Un rebaño que pace puede devorar un prado entero, y éste a los pocos días se habrá

regenerado por completo. Para observar este fenómeno, ni siquiera hace falta ser un herbívoro: si alguna vez habéis intentado cortar una hiedra u otro tipo de enredadera, o si habéis podado el césped de un jardín, ya sabéis de qué estamos hablando. Como son organismos sedentarios (o mejor dicho, sésiles), las plantas han escogido como estrategia evolutiva la de componerse de partes divisibles para resistir mejor a los depredadores. Los animales, por el contrario, como basan sus estrategias defensivas en el movimiento, nunca han desarrollado capacidades regenerativas, o sólo en unos pocos casos. Es verdad que la cola de las lagartijas puede regenerarse, pero no ocurre lo mismo con las patas o la cabeza, que una vez cortadas no vuelven a crecer. Cuando una planta sufre una extirpación, por regla general no sólo sobrevive, sino que a veces incluso sale beneficiada. Pensemos en el efecto vigorizador de las podas. Esta característica depende de su estructura, que es muy distinta a la nuestra. Una planta se constituye de módulos repetidos: las ramas, el tallo, las hojas o las raíces son combinaciones de módulos más simples, unidos unos a otros de manera sustancialmente independiente, como las piezas de un Lego.

De acuerdo, el típico geranio de la terraza no da esa impresión: parece un único ser vivo. Pero si le arrancáis un trozo y lo replantáis –si lo propagáis *por esquejes*, como diría un jardinero–, el trozo de geranio arrancado echará raíces y dará lugar a una nueva planta, mientras que si a un elefante le arrancamos una pata, ni se regenerará un organismo entero ni la extremidad podrá seguir viviendo al margen del cuerpo.

No por nada nos referimos a nosotros mismos como «individuos»; el término proviene del latín y se compone de los formantes *in* (que en este caso significa «no») y *dividuus* («divisible»). Nuestro cuerpo, efectivamente, es indivisible: si nos cortan por la mitad, las dos mitades no pueden vivir de forma independiente, sino que se mueren. Si por el contrario cortamos una planta por la mitad, ambas partes pueden seguir viviendo de forma

autónoma. El motivo es muy sencillo: ¡una planta no es un individuo! La manera más adecuada de pensar en un árbol, un cactus o un arbusto consiste no en compararlos con un ser humano o cualquier otro animal, sino en imaginarlos como una colonia. Un árbol, pues, se parece mucho más a una colonia de abejas o de hormigas que a un animal tomado por separado.

A pesar de su antigüedad, también en este aspecto las plantas demuestran ser excepcionalmente modernas. Uno de los conceptos clave en que se asientan muchas de las tecnologías surgidas con la aparición de internet y basadas en las conexiones de grupos (como las redes sociales) es precisamente el de las llamadas «propiedades emergentes», típicas de los superorganismos o las inteligencias de enjambre. Se trata de aquellas propiedades que las entidades individuales desarrollan sólo en virtud del funcionamiento unitario del conjunto: ninguno de sus componentes las posee de forma autónoma, como ocurre con las abejas o las hormigas, que uniéndose en colonias desarrollan una inteligencia colectiva muy superior a la de las partes individuales que las constituyen. Pero del comportamiento de las plantas hablaremos con mayor detenimiento en el capítulo dedicado a la inteligencia vegetal (véanse pp. 107-136).

UN PROBLEMA TEMPORAL

Volvamos ahora a los motivos que nos impiden reconocer a las plantas por lo que son, es decir, organismos sociales, tan sofisticados y evolucionados como nosotros. Otro aspecto que no nos permite percibir su compleja realidad es de naturaleza temporal.

Todo el mundo sabe que la media de vida de los seres vivos varía de forma notable de especie a especie: el ser humano vive unos ochenta años; la abeja, menos de dos meses; la tortuga gigante, más de cien años. Más allá de su heterogénea esperanza de vida, los animales también tienen ritmos vitales diferentes:

algunos caen en letargo, otros se mueven y se reproducen mucho más rápidamente que nosotros, otros de forma mucho más lenta. A primera vista, no debería ser muy difícil admitir la existencia de escalas temporales distintas a la nuestra. Sin embargo, no es así. Cuando el curso de los acontecimientos da pie a una escala temporal tan lenta que nuestros ojos no pueden percibirla, dicha escala deja de tener sentido. Para que este concepto quede más claro, podemos decir –aunque los adjetivos no tengan aquí valor absoluto– que nosotros somos «rápidos», mientras que las plantas son «lentas». Es más: ¡lentísimas!

La diferencia de velocidad entre nosotros y ellas es tal que incluso comporta ciertas distorsiones perceptivas. Algo así como un *trompe l'oeil*, una ilusión óptica, sólo que a escala temporal. Sabemos, por ejemplo, que las plantas se mueven para captar la luz, alejarse de un peligro o buscar puntos de apoyo (en el caso de las trepadoras); desde hace varias décadas, las técnicas fotográficas y cinematográficas modernas nos permiten reconstruir el movimiento vegetal, del que ya hablaba Darwin, y restituirle su justo valor. Hoy en día, basta una búsqueda rápida en internet para encontrar el vídeo de una flor que se abre o de un brote que crece. Sin embargo, para nuestra percepción, las plantas siguen estando «quietas».

El visionado de estas grabaciones nos deja atónitos, ya que nos demuestra la existencia de movimientos en la planta, pero no logra hacer mella, aunque sea sólo un poco, en nuestra profunda convicción, en gran parte instintiva, de que estas criaturas se hallan más próximas al reino mineral que a la vida animal. Nuestros sentidos no son capaces de percibir ese movimiento, y por eso actuamos como si las plantas fuesen objetos inanimados. Poco importa la certeza de que crecen y, por lo tanto, se mueven: para nosotros siguen siendo seres inmóviles, ya que su movimiento escapa a nuestros ojos y, por consiguiente, a nuestra comprensión más profunda.

Pero ¿qué sentido tiene esta negación? En la sociedad hipertecnológica en que vivimos, son muchas las cosas de las que no poseemos un conocimiento directo (sensible), pero cuyas propiedades no nos atrevemos a poner en duda. Muy poca gente sabe cómo funciona un televisor, un teléfono o un ordenador, pero a nadie se le pasaría por la cabeza menospreciar sus características técnicas por el mero hecho de no tener una experiencia sensible de su funcionamiento. Nuestro conocimiento de la estructura del universo o de la composición de la materia está mediatizado por una serie de instrumentos terriblemente complejos. Pero ¿a quién se le ocurriría negar la complejidad de la estructura atómica, por alejada que esté de nuestra percepción sensible? En ello, por supuesto, la educación desempeña un papel de la máxima importancia. ¿Por qué, entonces, no ocurre lo mismo con las plantas? Nuestra hipótesis es osada, pero no parece inverosímil: ¿y si una especie de «bloqueo psicológico» nos hubiese impedido a lo largo del tiempo adoptar algún tipo de mediación cultural destinada a mitigar ese comportamiento instintivo? Trataremos de explicarnos mejor.

Nuestra relación con las plantas es de dependencia absoluta, primordial, y recuerda un poco a lo que les ocurre a los niños con sus padres. Durante la fase de crecimiento, sobre todo en la adolescencia, el niño atraviesa una fase de negación absoluta de su dependencia de las figuras paternas, negación que le permite emanciparse y adquirir autonomía psicológica. *Mutatis mutandis*, no hay que excluir que en nuestra relación con las plantas intervenga un mecanismo similar. A nadie le gusta depender de otros. La dependencia implica siempre una posición de debilidad y vulnerabilidad que por lo común no resulta agradable.

Odiamos aquello de lo que dependemos, porque no nos deja sentirnos libres del todo. En el caso de las plantas, dependemos de ellas hasta tal punto que hacemos lo que sea preciso por olvidarlo. Quizá no nos gusta recordar que nuestra propia supervivencia está ligada al mundo vegetal porque eso nos hace sentir débiles. ¡Menudos dominadores del mundo! Esta idea es en buena medida

una provocación, por supuesto, pero resulta útil a efectos de clarificar la relación de fuerzas que se da entre nosotros y el reino vegetal.

NOSOTROS SIN ELLAS: UNA VIDA IMPOSIBLE

Si mañana las plantas desaparecieran de la Tierra, la vida humana duraría unas pocas semanas, acaso unos meses, no más. En muy poco tiempo, las formas animales de vida superior desaparecerían del planeta. Si por el contrario fuésemos nosotros quienes desapareciéramos, las plantas volverían a apropiarse de todo el territorio que le hemos arrebatado a la naturaleza y, en poco más de un siglo, todos los signos de nuestra milenaria civilización quedarían cubiertos de verde. Esto debería bastar para darnos la medida de la distinta importancia relativa, en términos biológicos, de las plantas y los humanos.

Usando otra metáfora, podríamos decir que en el terreno de la biología nos encontramos todavía en un período definible como aristotélico-ptolemaico. Antes de la revolución copernicana, se creía que la Tierra ocupaba el centro del universo y que todos los cuerpos celestes giraban a su alrededor: una visión totalmente antropocéntrica que, no sin trabajos, Galileo logró subvertir y que ha tardado años en desaparecer del todo de nuestro sentido común. Podría decirse que la biología se halla más o menos en una situación precopernicana. Impera la idea de que el hombre es el ser vivo más importante que existe y que todo gira en torno a él: él se ha impuesto sobre las cosas y es, por lo tanto, el *dominus* de la naturaleza. Una idea fascinante y tranquilizadora… ¡pero idealizada! El ser humano no ocupa ni mucho menos una posición tan privilegiada. El reino vegetal representa el 99,5 por ciento de la biomasa del planeta. Es decir, que del cien por cien del peso de todos los seres vivos de la Tierra, entre un 99,5 y un 99,9 por ciento, dependiendo de los cálculos, corresponde a las plantas. O por

decirlo a la inversa: de todos los seres vivos, los animales –incluidos los seres humanos– representan sólo una parte despreciable (un mísero 0,1 o 0,5 por ciento).

A pesar del ahínco que el ser humano ha puesto en la desforestación, las plantas son aún las reinas indiscutibles del mundo viviente. ¡Y menos mal! Esta relación es el único motivo por el que todavía es posible la vida sobre la Tierra.

Como es sabido, las plantas se hallan en la base de la cadena trófica: todo lo que comemos (incluidos la carne y el pescado) es vegetal o se alimenta de vegetales para convertirse en lo que es.

Podría parecer que el ser humano recurre a una amplia variedad de vegetales para su alimentación, pero tampoco esto es cierto. Las plantas de las que obtenemos la mayor parte de nuestras calorías son principalmente seis: la caña de azúcar, el maíz, el arroz, el trigo, la patata, la soja y unas pocas más conforman la base de la alimentación de casi el total de la humanidad en todas las latitudes. Son las llamadas «plantas alimentarias», unos seres vivos muy especiales. Cultivar una planta es como criar un animal. ¿Alguna vez os habéis preguntado por qué la dieta carnívora humana se basa casi por entero en el buey, el pollo y el cerdo? ¿Por qué ninguna cultura basa su alimentación en la carne de león, de ñu, de lobo, de oso o de serpiente? Se trata de animales perfectamente comestibles, del mismo modo que lo son las vacas y los pollos. ¿Entonces? Obviamente, porque los animales domésticos son más fáciles de criar. Podemos comernos un oso, pero no es fácil criarlo. Del mismo modo, es probable que no todas las plantas se presten al cultivo intensivo. Las especies vegetales comestibles son muy numerosas, pero la mayor parte de ellas no pueden cultivarse a escala industrial porque su evolución no lo permite. Son especies selváticas, al igual que los tigres y los osos. En cambio, el perro ha evolucionado como especie a partir del lobo porque en un momento dado descubrió que vivir en simbiosis con el ser humano le resultaba más cómodo y fácil que luchar por la supervivencia. Así, durante el curso de la evolución, se creó una colaboración

satisfactoria para ambas partes: el ser humano alimenta y cuida al perro y, a cambio, recibe de éste protección y compañía. Algunos animales, e incluso algunas plantas, han adoptado una estrategia evolutiva similar: gracias a que dan de comer al hombre, quedan protegidas de los insectos, se alimentan bien y, sobre todo, se propagan hasta los rincones más inhóspitos de la Tierra.

Pero el ámbito alimentario es sólo el primero y más intuitivo de los eslabones que conforman nuestra dependencia de las plantas. Como es obvio, otro es el oxígeno. Todo el mundo sabe que el oxígeno que respiramos proviene de las plantas y que nuestra supervivencia depende del oxígeno presente en el aire. En cambio, no todo el mundo sabe que gran parte de la energía que utilizamos es de origen vegetal y que si los seres humanos disponemos de energía desde hace milenios, debemos agradecérselo a las plantas.

Detengámonos aquí un instante: en un principio, gran parte de los recursos energéticos disponibles en la Tierra se hallaban concentrados en el interior de las plantas, gracias a la transformación de la energía solar en energía química. Este milagroso proceso, que conocemos con el nombre de fotosíntesis, transforma los rayos luminosos y el dióxido de carbono presente en la atmósfera en azúcares, es decir, en moléculas con alto contenido energético (como bien sabe todo aquel que renuncia a ellas para seguir una dieta baja en calorías). Ésta es la primera y fundamental fase en la que, por medio de sucesivas transformaciones, se genera la energía que consumimos, sea cual sea la forma en que se presente (de la madera al carbón, del petróleo a los demás combustibles fósiles).

«La planta –escribía a principios del siglo pasado el botánico ruso Kliment Timiriázev (1843-1920)– es el eslabón que une la Tierra con el Sol», y, de hecho, casi todo lo que el ser humano ha usado como fuente de energía desde el principio de los tiempos proviene de ella.

Los combustibles fósiles (carbón, hidrocarburos, aceites, gas, etc.) no son más que la acumulación subterránea de energía solar

que, a lo largo de varios períodos geológicos, los organismos vegetales han introducido directamente en la biosfera mediante la fotosíntesis. Nada que ver con los minerales, como algunos se empeñan en definirlos: se trata de auténticos depósitos orgánicos.

Como vemos, nuestra dependencia del reino vegetal incluye, además del aire y la comida, otro elemento fundamental: la energía. Con esto debería bastar para «idolatrar» todo lo que es verde. Y eso no es todo: pensemos en la medicina. Casi todos los fármacos se obtienen a partir de moléculas producidas por las plantas o sintetizadas por el hombre mediante la imitación de la química vegetal.

En todas las culturas del globo, tanto en Oriente como en Occidente, de los países más avanzados a aquéllos en vías de desarrollo, las plantas constituyen un elemento fundamental e imprescindible en medicina. Su efecto benéfico en el ser humano no se restringe tan sólo al uso farmacológico de muchas de las moléculas que producen, sino que puede constatarse a través de los efectos positivos que la presencia del verde tiene sobre nuestro bienestar psicofísico en las más diversas condiciones ambientales.

Si bien los beneficios que los vegetales nos brindan mediante la producción de oxígeno, la absorción de dióxido de carbono y sustancias contaminantes y la moderación del clima son conocidos desde hace tiempo, su capacidad para influir sobre otras facetas de nuestro bienestar no se ha convertido en objeto de estudio hasta época reciente. Los resultados han sido sorprendentes y han puesto de manifiesto por primera vez el vínculo entre la presencia de las plantas y la disminución del estrés, el aumento de la atención y la mayor rapidez de curación de las enfermedades.

La mera imagen de una planta transmite calma y relajación, como demuestran las mediciones de los parámetros fisiológicos. Los enfermos que se hallan convalecientes en habitaciones con vistas a vegetación recurren menos a los analgésicos y son dados de alta en períodos de tiempo más breves que los pacientes cuyas ventanas dan a edificios o terrenos baldíos. No otro es el motivo (básicamente

económico) por el que muchos de los nuevos hospitales que se construyen en el norte de Europa reservan un espacio para la vegetación (a veces una planta entera) en el que los pacientes puedan pasar el tiempo.

Durante los últimos años, el estudio de los efectos que tiene la presencia de las plantas sobre niños y jóvenes ha sido objeto de especial atención desde múltiples puntos de vista, y los resultados de las primeras investigaciones son, cuando menos, significativos.

Un estudio llevado a cabo en una universidad estadounidense, por ejemplo, se basa en el resultado de una serie de pruebas que los estudiantes debían realizar en sus habitaciones.

Los resultados de dichas pruebas, para las que se requería cierto grado de concentración, fueron inequívocamente mejores en aquellos estudiantes que ocupaban habitaciones con vistas a zonas verdes; en cambio, los resultados obtenidos por quienes sólo podían ver espacios construidos fueron menos satisfactorios.

Más que en los estudiantes universitarios, la mejora en la capacidad de atención se nota sobre todo en los alumnos de educación básica, tal y como demuestran algunos experimentos realizados en un colegio de Florencia. Además, en las calles flanqueadas por árboles se producen menos incidentes, y en los barrios ricos con abundantes zonas verdes se registran menos suicidios y menos delitos con violencia. No cabe duda: las plantas influyen de forma positiva en nuestro estado de ánimo y nuestra concentración, en el aprendizaje y en el bienestar en general.

El motivo de estos efectos benéficos sobre el ser humano, sobre los que todavía no se sabe mucho, quizá deba buscarse atrás en el tiempo y acaso esté relacionado con el hecho de saber de forma inconsciente que sin las plantas nuestra especie no podría vivir. La calma que nos embarga en su compañía es quizá el eco de una conciencia ancestral que nos dice que en ellas residen todo lo que necesitamos y todas nuestras posibilidades de supervivencia. Hoy como antaño.

Un estudio interesante basado en la hipótesis de la desaparición repentina del ser humano es el de Alan Weisman, que se divirtió imaginando el comportamiento de las demás especies tras la extinción de los humanos:

A. WEISMAN, *The World Without Us*, Nueva York, Thomas Dunne Books, 2007 (http://www.worldwithoutus.com). La obra ha sido traducida al castellano con el título *El mundo sin nosotros* (trad. de Francisco J. Ramos Mena, Barcelona, Debate, 2007).

Los estudios comprehensivos acerca de los beneficiosos efectos de las plantas sobre el estrés, la rehabilitación, la atención y otros varios parámetros psicofísicos todavía son poco numerosos. Véanse de todos modos los siguientes artículos:

N. DUNNET y M. QASIM, «Perceived Benefits to Human Well-being of Urban Gardens», *HortTechnology*, n.º 10 (2000), pp. 40-45.

M. K. HONEYMAN, «Vegetation and Stress: a Comparison Study of Varying Amounts of Vegetation in Countryside and Urban Scenes», en *The Role of Horticulture in Human Well-Being and Social Development: A National Symposium*, Portland, Timber Press, 1992, pp. 143-145.

C. M. TENNESSEN y B. CAMPRICH, «Views to Nature: Effects on Attention», *Journal of Environmental Psychology*, n.º 15 (1995), pp. 77-23.

R. S. ULRICH, «View through a Window May Influence Recovery from Surgery», *Science*, vol. 224, n.º 4647 (1984), pp. 420-421.

S. MANCUSO, S. RIZZITELLI y E. AZZARELLO, «Influence of Green Vegetation on Children's Capacity of Attention: A Case Study in Florence, Italy», *Advances in Horticultural Science*, n.º 20 (2006), pp. 220-223.

III

Los sentidos de las plantas

Una cosa es cierta: las plantas no tienen ojos ni nariz ni orejas. Así pues, ¿cómo cabe pensar que posean vista, olfato, oído e incluso gusto y tacto? Todo parece indicar lo contrario: nuestra cultura, nuestros sentidos e incluso el resultado de la simple observación.

Según lo que nos es dado pensar, las plantas vegetan. En otras palabras: permanecen inmóviles, hacen la fotosíntesis, de vez en cuando producen un brote, florecen o pierden una hoja, y poco más.

En nuestra lengua, la palabra «vegetal», cuando no se refiere a una planta, adquiere una connotación ofensiva: «ser un vegetal», o mejor dicho «quedarse como un vegetal», significa haber perdido todas las facultades sensoriales y motrices de que estamos dotados y, en definitiva, ser poseedor tan sólo de la vida. Igual que las plantas. ¿O no? Como hemos visto en el primer capítulo, la idea de que el mundo vegetal se compone de seres vivos carentes de sensibilidad ha llegado intacta hasta nosotros desde la antigua Grecia y ha pasado incólume no sólo por el Renacimiento –que elaboró la famosa «pirámide de los seres vivos», en la que las plantas existen, pero ni sienten ni piensan (véase p. 16)–, sino también por el cedazo de la Ilustración y la revolución científica, que en teoría deberían haber puesto de relieve lo absurdo de ese modelo.

Tratad de imaginar que os quedáis «confinados» a la inmovilidad, o mejor, que la habéis elegido como estrategia evolutiva más conveniente, pues tal –como hemos visto– es el caso de las plantas. ¿No creéis que en semejantes condiciones sería todavía

más importante ver, oler, oír y en general explorar sensorialmente el entorno, dado que no podéis hacerlo desplazándoos por él? Los sentidos son un instrumento indispensable para la vida, la reproducción, el crecimiento y la defensa, y precisamente por ese motivo al mundo vegetal nunca se le ha cruzado por la imaginación prescindir de ellos.

Las plantas, como veremos, poseen los mismos cinco sentidos que los humanos. Y no sólo: además tienen otros quince. Evidentemente, estos sentidos suplementarios se han desarrollado según la naturaleza vegetal y no la humana, pero ello no disminuye en absoluto su grado de fiabilidad.

LA VISTA

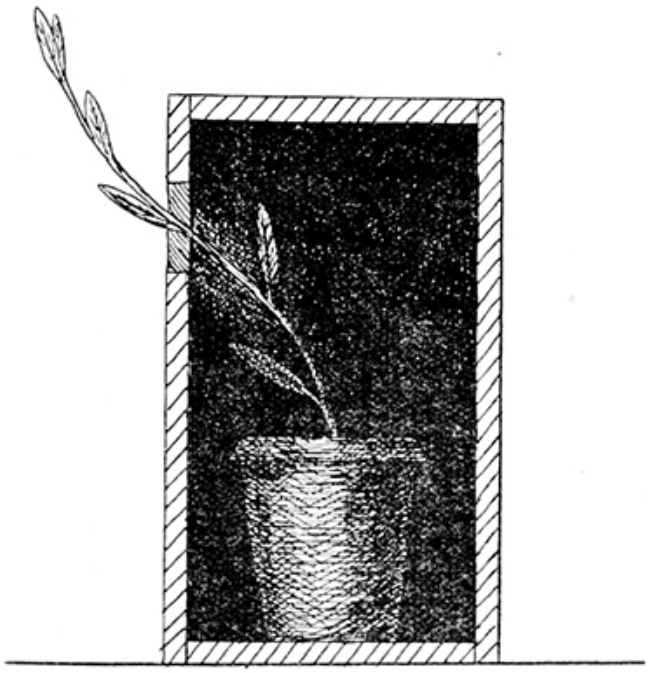
Para entender si los vegetales ven, y de qué manera, lo primero que hay que hacer es definir qué entendemos cuando hablamos de vista. Las plantas, como sabemos, no tienen ojos, pero ¿estamos seguros de que sin ojos es imposible ver?

Hojeemos rápidamente cualquier diccionario y eliminemos todas las definiciones del sustantivo «vista» que hagan referencia a los ojos (dado que en nuestro caso no pueden aplicarse) y veamos qué nos queda. Según el diccionario de la Real Academia Española, es el «sentido corporal con que se perciben los objetos mediante la acción de la luz»; según el *Diccionario del español actual* de Manuel Seco, Olimpia Andrés y Gabino Ramos, la vista es el «sentido corporal por el que se perciben los objetos mediante la acción de la luz», y, según el *Diccionario general de la lengua española Vox*, el «sentido corporal que permite ver las cosas materiales».

¿Y bien? Puede ser que las plantas carezcan de ojos y, por consiguiente, de vista en su acepción clásica, pero si hablamos de «acción de la luz», «percepción de los objetos» y «cosas materiales», está claro que la cosa cambia: según estas afirmaciones, no sólo los vegetales se hallan en plena posesión de

este sentido, sino que además lo han desarrollado de manera notable. Las plantas, de hecho, son capaces de interceptar la luz, de usarla y de reconocer tanto su cantidad como su calidad, y si han potenciado tanto esta capacidad es por el evidente motivo de que la luz es el alimento principal de su dieta energética, basada en la fotosíntesis.

La búsqueda de la luz es la actividad que más influye sobre la vida y el comportamiento estratégico de las plantas: gozar de acceso a una gran fuente de luz significa –por establecer un paralelismo con la condición humana– riqueza para la planta. Por el contrario, si se encuentra a la sombra, significa pobreza. Como en las sociedades humanas, también en la vegetal la mayor parte de las energías diurnas se dedican a obtener sustento. En el caso de las plantas, esto implica competir continuamente entre ellas por hacerse con la luz y explotarla.



Ejemplo de fototropismo o crecimiento de una planta en dirección a la fuente luminosa.

Veremos enseguida que esta riqueza o pobreza de medios influye sobre las posibilidades de desarrollo, el comportamiento, las

facultades y las posibilidades de aprendizaje del vegetal de manera no muy distinta a como ocurre entre los seres humanos.

Cualquiera que haya observado una planta, en casa o al aire libre, se habrá percatado de que ésta modifica su posición creciendo en dirección a la luz y moviendo las hojas para recibirla de manera óptima. Este movimiento, relativamente rápido, se denomina «fototropismo» (del griego *phós*, «luz», y *trépestai*, «moverse»). No hay que sorprenderse: para un organismo vegetal, recibir la luz de manera adecuada representa un problema que debe resolverse con la mayor rapidez y eficiencia posibles. Por eso cuando dos plantas viven una junto a la otra –por ejemplo en un bosque o en un jarrón– puede ocurrir que compitan, ya que la más alta hace sombra con sus hojas a la más baja; esta dinámica que hace que las plantas crezcan más rápidamente en altura con el fin de superar a su rival se llama «evitación de sombra». Se trata de un nombre insólito, ya que nadie pensaría que los vegetales poseen instinto para evitar nada y, sin embargo, lo que se produce entre ambas plantas es una auténtica lucha por la conquista de la luz.

El fenómeno de la llamada «evitación de sombra» es tan macroscópico que ya se conocía perfectamente en la antigua Grecia. Sin embargo, pese a ser conocido desde hace milenios, el significado último de este comportamiento tan típico de las plantas sigue ignorado o directamente subestimado. ¿De qué estamos hablando, a fin de cuentas? Nada más y nada menos que de una auténtica y genuina expresión de inteligencia que denota un cálculo de riesgos y una previsión de beneficios, una realidad que debería haber sido evidente desde hace siglos si tan sólo nos hubiéramos molestado en observar a las plantas con una mirada libre de prejuicios.

Pensémoslo: durante la maniobra de evitación, la planta empieza a crecer muy rápidamente con el objeto de superar en altura a su rival y recibir más luz. No obstante, este crecimiento tan apresurado e intenso tiene para ella un costo energético altísimo, tan elevado que si no lograra alcanzar su objetivo, el esfuerzo incluso podría ser

fatal. La planta invierte energía y materiales en una operación muy costosa y de resultado incierto. Resumiendo: se comporta como un emprendedor que hace una inversión para el futuro. Un comportamiento como el que acabamos de describir demuestra sobre todo que la planta es capaz de hacer previsiones y de invertir recursos de un modo tal que den frutos en el futuro, es decir, que nos encontramos ante un ejemplo típico de conducta inteligente.

Pero volvamos a los sentidos: ¿cómo percibe la luz? En el interior de la planta, se encuentran una serie de moléculas que actúan como fotorreceptores (receptores de luz) y que son capaces de recibir y transmitir información relativa a la dirección de la que provienen los rayos lumínicos y a la calidad de éstos. La planta no sólo distingue la luz de la sombra, sino que es capaz de reconocer la calidad de la luz en función de la longitud de onda de sus rayos. La luz incide sobre distintos tipos de fotorreceptores de nombre exótico –fitocromos, criptocromos y fitotropinas–, los cuales absorben la longitud de onda del rojo, el rojo lejano, el azul y el ultravioleta, que son las más importantes para la planta, ya que regulan muchos aspectos de su desarrollo, desde la germinación a la floración, pasando por el crecimiento.

Pero ¿dónde se encuentran estos fotorreceptores? En el caso del ser humano, los ojos se hallan en la parte anterior de la cabeza, una posición estratégica desde el punto de vista evolutivo, ya que es una posición elevada (lo que permite una mejor perspectiva y un campo visual más amplio), cercana al cerebro (el único que tenemos) y protegida de los ataques externos (la cabeza es la parte del cuerpo que más protegemos, pues en ella se concentran cuatro de nuestros cinco órganos de los sentidos y el cerebro). En las plantas, como hemos visto, las cosas son distintas. Los organismos vegetales han evolucionado de tal modo que evitan concentrar sus funciones en una única zona del cuerpo, defendiéndose así del riesgo de que el mordisco de un herbívoro pueda convertirse en una tragedia para la planta.

En el mundo vegetal, todas las facultades están presentes como quien dice en todas partes, sin que ninguna de ellas sea de veras indispensable. En virtud de esta estructura general, también los receptores de luz se hallan disponibles en grandes cantidades. La mayor parte se encuentran en las hojas, que son los órganos principales para la realización de la fotosíntesis, pero no sólo ahí. Incluso las partes más jóvenes del tallo, los zarcillos, los brotes, los ápices vegetativos e incluso la estela (lo que generalmente llamamos «el verde» y que resulta poco apto para quemar) son ricos en fotorreceptores. Es como si toda la planta estuviera cubierta de minúsculos ojos. Incluso las raíces son increíblemente fotosensibles, sólo que a éstas, al contrario de lo que ocurre con las hojas, no les gusta la luz; de hecho, mientras que las hojas tienden a crecer en dirección a la fuente luminosa, como en agradecimiento de su presencia y manifestando lo que se conoce como «fototropismo positivo», las raíces se comportan de la manera inversa, como si padecieran una especie de fotofobia (miedo a la luz, del griego *phós*, «luz», y *phobía*, «miedo») que las impele a alejarse rápidamente de cualquier tipo de fuente luminosa, comportamiento que se conoce como «fototropismo negativo».

Vale la pena mencionar una costumbre que demuestra, una vez más, cómo el escaso conocimiento de las plantas puede llevar incluso a tergiversar la interpretación de algunos resultados experimentales. Podría parecer que todo el mundo sabe que las raíces crecen en el suelo, y por lo tanto en la oscuridad. Sin embargo, no es así: no todo el mundo lo sabe. Da la impresión, por ejemplo, de que este dato nunca haya entrado en los modernos laboratorios donde se estudian las plantas. En biología molecular (tal es el nombre de la nueva disciplina científica que poco a poco ha desplazado a voces tan dignas como «botánica» o «fisiología vegetal»), los experimentos casi siempre se realizan con plantas-modelo (la especie más conocida es la *Arabidopsis thaliana*, toda una estrella en los laboratorios actuales) que se no se cultivan con tierra, sino con una base de gel u otros soportes transparentes que

contienen todas las sustancias nutritivas necesarias para que se produzca un crecimiento correcto. Este tipo de sustratos permiten estudiar con mucha comodidad el comportamiento de las plantas, tanto por su transparencia como porque gracias a ellos es posible seleccionar los nutrientes que se le administran a la planta. Su contribución a la investigación ha sido de gran importancia, de no ser por el pequeño problema que antes apuntábamos. Durante estos experimentos, las raíces casi siempre están expuestas a la luz, es decir, a unas condiciones del todo antinaturales y que provocan estrés en la planta. Las raíces cultivadas en estos geles tienden a crecer de forma rápida y a moverse mucho, en el intento –irremediablemente condenado al fracaso– de escapar de la fuente luminosa que las molesta. Y, sin embargo, este crecimiento tan acelerado suele atribuirse al bienestar de la planta, que si crece más –dicen– será porque se encuentra a gusto. Nada más lejos: la raíz crece antes porque trata de escapar; bastaría con un poco de sentido común para darse cuenta de que las raíces de las plantas deben estar a oscuras y no a plena luz como las hojas. ¡Y lo llaman bienestar!

Pero las raíces no son las únicas que buscan la oscuridad. Hay un momento determinado del año en el que también la parte aérea de algunas plantas «cierra los ojos». Nos referimos al otoño, es decir, el momento en el que muchos árboles, los llamados caducifolios, pierden las hojas. Pero si la mayor parte de los receptores luminosos presentes en la planta se concentran en las hojas, ¿qué ocurre cuando el árbol las pierde? Pues exactamente lo mismo que cuando un animal cierra los ojos: que se dispone a descansar.

Las plantas caducifolias o deciduas son típicas de los climas marcados por los inviernos fríos. En las regiones tropicales y subtropicales, donde el clima cálido y la radiación constante del sol favorecen una actividad ininterrumpida, no hay plantas de hoja caduca, sólo de hoja de perenne. En cambio, en las regiones con climas templados o continentales, la alternancia entre veranos

cálidos e inviernos fríos influye en el comportamiento de las plantas del mismo modo que en el de los animales. Como sabemos, en las zonas donde los inviernos son muy rigurosos, algunos animales hibernan para sobrevivir al frío y a la escasez de alimento. Dormir es una manera muy eficaz de superar el difícil período invernal, tan eficaz que el mundo vegetal ha adoptado la misma estrategia. Así pues, con la llegada de los primeros fríos, las plantas de hoja caduca pierden las hojas, es decir, la parte más delicada y expuesta al frío, que durante el inverno correrían el riesgo de congelarse, y entran en estado de letargo. En el ámbito vegetal, este sueño periódico que protege al organismo ante una situación climática difícil se llama «reposo vegetativo», pero su principio es el mismo que el de la hibernación en el caso de los animales.

La planta ralentiza su ciclo vegetativo, «cierra los ojos» y duerme durante todo el invierno para después, en primavera, retomar su funcionamiento habitual con la formación de yemas y nuevas hojas que le hacen «abrir los ojos».

Al hablar de vista y de ojos, no podemos dejar de citar a Gottlieb Haberlandt (1854-1945), cuyas teorías desconcertaron a la comunidad científica a mediados del pasado siglo. El gran botánico austríaco, pese a no disponer de pruebas experimentales, lanzó la hipótesis de que las células epidérmicas de las plantas funcionaban como si fueran lentes con las que el vegetal podía hacerse una idea bastante clara no sólo de la luz, sino también de las formas.

Haberlandt afirmó que las plantas podían servirse de las células de la epidermis del mismo modo que nosotros nos servimos de la córnea y el cristalino, y que por lo tanto eran capaces de reconstruir las imágenes provenientes del exterior.

EL OLFATO

Las fascinantes teorías de Gottlieb Haberlandt nunca han podido ser confirmadas por la vía experimental, por lo que podemos seguir

albergando dudas acerca de que los vegetales –pese a ser fotosensibles y estar dotados del sentido de la vista– sean realmente capaces de distinguir los contornos de los objetos. Sin embargo, si pasamos al sentido del olfato, podemos dejar a un lado todas las reservas y admitir que tienen una «nariz» muy refinada. Naturalmente no estamos hablando de órganos sensibles similares a los nuestros: las plantas poseen una sensibilidad difusa, y mientras que nosotros nos servimos tan sólo de la nariz, ellas pueden utilizar todo el organismo.

Para percibir un olor, los humanos aspiramos el aire con la nariz y lo hacemos pasar por el canal olfativo, revestido de unos receptores químicos que capturan las moléculas presentes en el aire y producen una señal nerviosa que transporta el olor/información hasta el cerebro. En las plantas, la sensibilidad a los olores es difusa: algo así como si tuviéramos millones de pequeñas narices repartidas por todo el cuerpo. Desde las raíces hasta las hojas, las plantas están compuestas de miles de millones de células en cuya superficie a menudo se encuentran receptores de sustancias volátiles capaces de poner en marcha una cadena de señales que transmite información a todo el organismo. Podemos imaginar estos receptores como si fueran cerraduras dispuestas sobre la superficie de las células, y los olores como si fueran llaves: cada cerradura se abre cuando entra en contacto con la llave adecuada, y al hacerlo se dispara el mecanismo que produce la información olfativa. Pero ¿para qué sirve el olfato en el mundo vegetal? Las plantas utilizan los «olores», o mejor dicho, las moléculas llamadas COVB (compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico) para recabar información sobre el entorno y para comunicarse entre ellas y con los insectos, cosa que hacen de forma constante (véanse pp. 86-105).

Todos los olores producidos por los vegetales, como por ejemplo el del romero, la albahaca, el limón o el regaliz, equivalen a un mensaje concreto: son las «palabras» de las plantas, su vocabulario. Los millones de compuestos químicos existentes hacen

las veces de signos de una auténtica lengua vegetal, de la que todavía sabemos muy poco. Lo único que sabemos con certeza es que cada compuesto transporta una información concreta: avisos de un peligro inminente, mensajes de atracción o repulsión y demás. Evidentemente, sabemos desde siempre que cada angiosperma (así se llaman todas las plantas con flor, del griego *angéion*, «envoltorio», y *spérma*, «semilla») produce un olor específico para comunicarse con los insectos polinizadores. En este caso, se trata de un mensaje «privado», es decir, no destinado a otras plantas y con un objetivo bien definido. Pero ¿cómo emiten su olor característico la salvia, el romero o el regaliz, si no producen flor? Lo único que sabemos es que tienen buenas razones para hacerlo. Producir olor supone un coste de energía, y ninguna planta la malgastaría inútilmente. Pero de esta sencilla consideración a la posibilidad de interpretar con certeza los mensajes vegetales queda un largo camino.

A modo de paralelismo, en estos momentos nos encontramos en la misma situación en que se encontraba el egiptólogo Jean-François Champollion antes de 1822, año en que por fin consiguió descifrar los jeroglíficos egipcios: intuimos que algunos signos (los olores) equivalen a mensajes, pero su número es demasiado exiguo en comparación con el total de moléculas volátiles emitidas por las plantas. Lo que dificulta aún más el proceso de desencriptación es que sabemos que los mensajes no siempre están asociados a una única molécula volátil, sino a un conjunto de moléculas, cada una en una determinada proporción con respecto a las demás. Es decir, que incluso en el lenguaje de las plantas parece vislumbrarse una polifonía acorde con su condición de no-individuos: no poseen una sola voz, sino una pluralidad de acentos que las hace aún más simpáticas e interesantes.

Es posible que algún día demos con la clave para descifrar esta lengua. Hasta entonces, tendremos que contentarnos con lo poco que sabemos y con los significados que por el momento podemos asociar con algunas moléculas volátiles. Conocemos, por ejemplo,

el significado del jasmonato de metilo, una molécula que producen muchas plantas en situaciones de estrés. El jasmonato de metilo transmite un mensaje muy claro: «Tengo problemas». Muchos de los compuestos volátiles que intercambian las plantas transmiten el mismo mensaje, y resulta de veras singular que especies muy distintas utilicen palabras idénticas para decir la misma cosa. Esto, por supuesto, no significa que exista una lengua vegetal común a todas las plantas. Más bien es como si sus distintas lenguas compartieran una raíz común: algunos significados son constantes en todas, mientras que otros son específicos de cada lengua (y, por lo tanto, de cada especie).

Volvamos sobre estos mensajes volátiles que las plantas producen y perciben en situaciones de estrés. Muchos COVB, de los cuales ya hemos hablado, contienen, por ejemplo, lo que podríamos llamar señales de socorro. Las plantas producen estos compuestos cuando se hallan expuestas a algún tipo de estrés, ya sea de tipo biótico (ocasionado por hongos, bacterias, insectos y, en general, cualquier agente vivo que perturbe de manera significativa el estado de equilibrio de la planta) o abiótico (como por ejemplo el exceso de frío, de calor, la falta de oxígeno o la presencia de sales o productos contaminantes en el aire o en la tierra). En estos casos, dichos compuestos ejercen una función sorprendente: la de advertir en tiempo real de un peligro a las plantas de los alrededores (o incluso a partes alejadas de la misma planta).

¿Y para qué? Básicamente para defenderse. Imaginemos que una planta recibe el ataque de un insecto herbívoro. La planta emitirá moléculas enseguida para avisar a sus vecinas del ataque, y éstas, para enfrentarse al peligro, pondrán en acción todas sus armas defensivas y emplearán estrategias a menudo sorprendentes que analizaremos más adelante (véanse pp. 86-88), pero que por dar sólo un ejemplo incluyen la posibilidad de producir moléculas químicas capaces de hacer que sus hojas se vuelvan indigeribles o incluso venenosas para el insecto agresor.

Uno de los casos más conocidos es el del tomate, que cuando recibe el ataque de insectos herbívoros emite grandes cantidades de COVB capaces de alertar a otras plantas situadas incluso a cientos de metros de distancia.

Pero si las plantas pueden desplegar estrategias defensivas tan potentes, ¿para qué se necesitan los insecticidas? ¿Y por qué sus defensas no son tan eficaces como para repeler cualquier tipo de ataque? La respuesta es muy sencilla. En la naturaleza, la vida es el resultado de un continuo equilibrio entre depredadores y presas. Por cada acción defensiva que adopten las plantas contra sus depredadores, los animales siempre encontrarán una nueva estrategia, a la que las plantas, con el tiempo, responderán de manera cada vez más sofisticada. Justamente en este mecanismo de mejoras continuas reside la esencia de la evolución y la posibilidad de que la vida del planeta sobreviva.

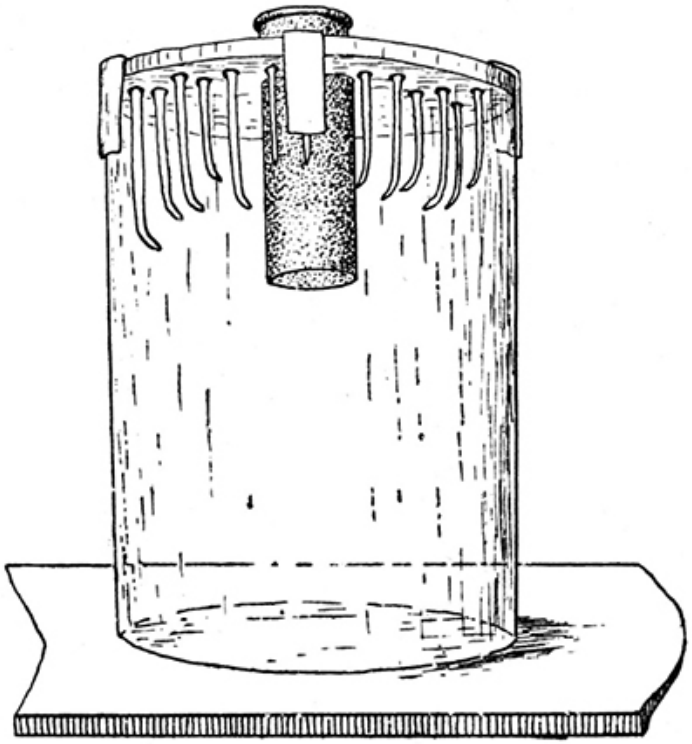
EL GUSTO

Al igual que en los animales, también en las plantas se da una estrecha conexión entre el sentido del olfato y el del gusto.

En el caso de las plantas, los órganos destinados al gusto consisten en receptores de sustancias químicas que buscan alimento en el suelo gracias a la acción exploradora de las raíces, una búsqueda en la que todo el mundo vegetal sin excepciones hace gala de un «paladar» a la altura del de los mejores *gourmets*. Puede que la idea nos haga sonreír, pero pensemos que, en el fondo, la capacidad de los paladares finos para percibir hasta el último ingrediente utilizado en una comida no dista mucho de la habilidad gracias a la cual las raíces identifican cantidades infinitesimales de sales minerales escondidas en muchos metros cúbicos de tierra. O mejor dicho: sí existe una diferencia pero, como ocurre a menudo, ésta juega a favor de las plantas. Al percibir los minúsculos gradientes químicos presentes en el terreno, las raíces

demuestran poseer un paladar muy superior al de cualquier animal. Las raíces degustan el suelo continuamente en busca de nutrientes «apetitosos», como los nitratos, los fosfatos o el potasio, nutrientes que localizan con extrema precisión incluso cuando su presencia es muy limitada. ¿Qué argumentos tenemos para afirmar tal cosa? La propia planta nos lo demuestra cuando produce un número mayor de raíces allá donde la concentración es más alta y cuando deja que crezcan hasta que todas las sales minerales han sido absorbidas debidamente. Se trata de un comportamiento mucho más refinado de lo que podría parecer a simple vista. Al producir un mayor número de raíces en función del gradiente químico identificado, la planta actúa con anticipación y emplea una energía y unos recursos que sólo darán frutos en un futuro. Algo así como una empresa minera que, al abrir nuevas galerías, invierte una ingente cantidad de medios confiando en el producto que obtendrá de ellas: otra muestra de comportamiento inteligente.

Si bien la tierra es el primer lugar en el que, por instinto, iremos a buscar las partes de la planta encargadas del gusto, pues ahí se encuentran el mayor número de recursos nutritivos de los que se alimenta el mundo vegetal, no hay que olvidar que muchas especies siguen una dieta distinta: nos referimos a las llamadas «plantas carnívoras».



Las raíces orientan su crecimiento hacia la fuente de nutrientes.

Vale la pena contar aquí la historia de la *Dionaea muscipula*, la primera planta carnívora descubierta por los botánicos.

El 24 de enero de 1760, Arthur Dobbs, un rico terrateniente de Carolina del Norte y gobernador de la colonia entre 1754 y 1765, describía en una carta enviada al botánico inglés Peter Collinson (1694-1768), miembro de la Royal Society, una nueva y maravillosa planta dotada de la capacidad de atrapar moscas:

> Pero la gran maravilla del reino vegetal es una especie sensible desconocida y muy curiosa. Se trata de una planta enana cuyas hojas semejan a un segmento de esfera. Este último está compuesto por dos partes parecidas al cierre de un monedero –con el lado cóncavo en la parte exterior–, cada una de las cuales presenta un borde con un pliegue de márgenes dentados (como un cepo para zorros). Las hojas se cierran al instante, como si de una trampa se tratase, sobre cualquier cosa que entre en

> contacto con ellas o caiga en su interior, aprisionando a todo insecto u objeto vivo que encuentren de por medio. Produce una flor blanca. He dado a esta sorprendente planta el nombre de «sensitiva atrapamoscas» [*fly trap sensitive*].

Collinson entregó las primeras muestras llegadas a Europa de esta maravillosa planta a John Ellis, que bautizó la especie como *Dionaea muscipula*. En 1769, Ellis, que había intuido su naturaleza carnívora, le escribía a Linneo en los siguientes términos:

> La planta, de la cual remito una reproducción exacta acompañada de una muestra de las hojas y las flores, manifiesta una naturaleza carnívora, pues la junta superior de la hoja conforma un mecanismo para capturar comida: situada en mitad de ésta, se encuentra el cebo para el infeliz insecto que se convierte en su presa. La superficie interna está revestida de multitud de pequeñas glándulas rojas, las cuales con toda probabilidad segregan un licor dulce que mueve al pobre animal a probarlo; no bien sus patas se han posado sobre estas partes sensibles, los lóbulos se levantan, lo aferran velozmente, cierran sus hileras de espinas y lo comprimen hasta causarle la muerte. Además, por miedo a que la criatura así apresada triunfe en su propósito de escaparse, en la parte central de cada lóbulo –en medio de las glándulas– se hallan fijadas tres espinas puntiagudas que ponen fin sin remedio a todos sus esfuerzos.

Como vemos, para Ellis no había lugar a dudas: ¡la planta cazaba! Linneo, no obstante, no era del mismo parecer y rebatió las conclusiones de Ellis al catalogarla entre las «plantas sensitivas», es decir, aquellas que responden a los estímulos táctiles con movimientos involuntarios.

A pesar de que a nuestros ojos resulta del todo manifiesto el hecho de que la dionea puede cazar insectos, para Linneo se trataba de una planta del mismo tipo que la *Mimosa pudica*, que contrae las hojas en cuanto algo la toca (véanse pp. 59-60). Las

conclusiones resultantes de las observaciones de ambos botánicos no podrían ser más distintas: según Ellis, la dionea era una cazadora capaz de depredar animales; según Linneo, no era más que una planta que manifestaba una respuesta automática al contacto.



La *Dionaea muscipula*, una planta originaria de los pantanos de Carolina del Norte y del Sur, tal y como aparece en el dibujo que acompañaba la carta que el naturalista británico John Ellis le escribió a Linneo el 23 de septiembre de 1769. En dicha misiva figura la primera descripción botánica de una planta carnívora.

¿Por qué ambos científicos llegaron a conclusiones tan dispares? Ellis, menos conocido, no se había dejado influenciar por la opinión común y se había limitado a describir lo que había observado, extrayendo de ello una conclusión lógica. Linneo, por el contrario, ya en la cumbre de la fama, no supo abstraerse de una idea del «orden de la naturaleza» que regulaba las relaciones entre los seres vivos y que toda la comunidad científica de la época aceptaba. La influencia de esa idea fue tal que Linneo negó la evidencia y trató de acomodar sus observaciones a la teoría, aun a riesgo de distorsionar la realidad. Tras largas investigaciones, y ante la prueba irrefutable de que la planta era capaz de apresar y matar a los insectos, Linneo se negó a afirmar (y, por lo tanto, a legitimar a ojos de la ciencia) su naturaleza carnívora, ya que tal comportamiento por parte de un vegetal era sencillamente inconcebible.

Con todo, a la vista estaba lo que la dionea podía hacer: parecía de veras capaz de capturar y matar a los insectos. ¿Cómo era posible pasarlo por alto?

Para justificar su conducta, muchos botánicos de la época echaron mano de hipótesis de lo más fantasioso. Adujeron que la hoja se movía por un acto reflejo (es decir, que se cerraba sin voluntad de matar) y que, de haberlo querido, los insectos habrían podido liberarse. Si no lo hacían, era porque eran viejos o porque elegían morir, argumentos que hoy en día nos hacen esbozar una sonrisa, pero que por aquel entonces la comunidad científica abrazó sin vacilar. Cualquier explicación era buena con tal de no admitir la existencia una planta capaz de cazar animales. La hipótesis debía quedar relegada, como mucho, a los libros de aventuras, que en aquellos tiempos raramente dejaban de incluir algún árbol comehombres. Claro que entonces, ¿cómo explicar que la dionea no dejase en libertad a los insectos sin antes haberlos matado y digerido? ¿Y cómo interpretar el hecho de que la hoja, al cerrarse sobre algo poco apetitoso o indigerible, se abriera al poco tiempo?

Hubo que esperar hasta Charles Darwin y su libro de 1875, titulado precisamente *Plantas insectívoras*, para encontrar una respuesta sensata a estas preguntas y para que en el seno de la comunidad científica se empezase a hablar de «vegetales que comen insectos», una definición que se acercaba bastante a la verdad, aun sin ser del todo exacta. En tiempos de Darwin ya se habían descubierto y observado un número considerable de plantas capaces de atrapar y digerir pequeños animales, como ratones o lagartijas. ¡Insectívoras! Decenas de especies recibieron este apelativo no tanto porque sólo cazasen insectos, sino porque, a mediados del siglo XIX, seguía creyéndose que el adjetivo «carnívoro» era demasiado fuerte como para asociarlo con las plantas. De nada valía que por entonces ya se conociera el comportamiento de muchas especies, sobre todo algunas *Nepenthes*, capaces de capturar y matar incluso a mamíferos de pequeño tamaño. La idea de que existieran plantas que se alimentaban de carne todavía resultaba inconcebible a finales de siglo. Pero ¿por qué algunos vegetales siguen semejante dieta?

Como suele ocurrir, el motivo es de tipo evolutivo. Hace millones de años, estas especies evolucionaron en entornos húmedos y zonas pantanosas, lugares donde el nitrógeno –un elemento necesario para la vida y fundamental para la producción de proteínas– era escaso o inexistente. Las plantas que habitaban en regiones pobres en dicha sustancia tuvieron que ingeniarse un sistema de aprovisionamiento que no dependiera de las raíces ni, por consiguiente, del terreno, precisamente porque carecía de ella.

La solución al problema llegó de la mano de la parte aérea: con el paso del tiempo, las plantas modificaron la forma de sus hojas hasta convertirlas en verdaderas trampas capaces de apresar a esos pequeños depósitos de nitrógeno volantes que son los insectos. No obstante, las plantas de este tipo no se limitan a apresar y matar a los insectos, sino que en sus hojas se lleva a cabo la digestión de las presas para asimilar los nutrientes que contienen. La capacidad de realizar el proceso digestivo sigue siendo, aún hoy,

un elemento crucial para que una planta sea o no definida como carnívora: dicha planta debe ser capaz no sólo de capturar al animal, sino también de metabolizarlo mediante la producción de enzimas que lo disuelvan y permitan que la hoja absorba las sustancias nutritivas que contiene.

Tratemos de describir un par de escenas de caza propias del mundo vegetal con el fin de descubrir cuáles son las técnicas que adoptan algunos depredadores tan formidables como la *Dionaea muscipula* o las *Nepenthes*. Como todo buen cazador, lo primero que deben hacer es atraer a la víctima. La dionea, por ejemplo, produce en la trampa –es decir, en la hoja modificada en forma de cepo– una secreción azucarada muy dulce y perfumada (¡un auténtico cebo!) que llama la atención de los insectos. Contrariamente a lo que sostenía Linneo, la planta no malgasta energía, y, por lo tanto, no se cierra en cuanto una hipotética presa toca la hoja, ya que de lo contrario se arriesgaría a engullir objetos no comestibles o incluso a dejar escapar al insecto, que, situado en el borde de la hoja, podría esquivar el bocado mortal. La decisión de cerrar la trampa debe tomarse cuando el éxito es seguro. Por eso la dionea espera a que el animal se adentre hasta el centro de la hoja antes de cerrarla.

En la cara interior de cada una de las dos partes que componen el cepo mortal, la dionea dispone de tres pequeños pelos: los gatillos que hacen que la cerradura se cierre. No basta con que el insecto toque una vez un pelo para que la trampa se active, sino que debe tocar por lo menos dos en menos de veinte segundos, sólo entonces la planta sabrá que se trata de una presa interesante y cerrará las hojas. Al tratar de liberarse, el animal apresado seguirá tocando los pelos, con lo que sólo logrará que la dionea apriete con más fuerza. Cuando el animal esté muerto –y, por lo tanto, haya dejado de moverse–, la hoja empezará a secretar las enzimas gracias a las cuales digerirá al insecto casi por completo. Luego, la trampa se abrirá con los restos de esa épica lucha entre el vegetal y el animal. De hecho, no es extraño encontrar en las hojas de una

dionea el exoesqueleto (es decir, el «esqueleto externo») de los insectos que la planta ha capturado y se ha comido.

Las *Nepenthes*, otras cazadoras temibles, adoptan una táctica distinta. Durante su evolución han desarrollado unos peculiares órganos en forma de bolsa cuyo borde está recubierto de sustancias olorosas y azucaradas. Cuando el animal, atraído por el olor que produce la planta, llega y se asoma a la bolsa para libar el néctar y seguir el rastro del olor, resbala al interior y no puede volver a salir. La parte interna de estas trampas en forma de bolsa es una de las superficies más lisas que existen en la naturaleza (tanto que algunos investigadores estudian sus características para imitarlas por medio de la tecnología). En el interior de la trampa, el desafortunado animal se encuentra con un líquido digestivo en el que acabará ahogándose, exhausto tras intentar una y otra vez salir y ponerse a salvo. Es entonces cuando la planta empieza a digerir a su presa, transformándola en un caldo nutritivo que irá absorbiendo poco a poco.

Las *Nepenthes* no sólo comen insectos, sino también lagartijas y otros pequeños reptiles, e incluso ratones de tamaño considerable. Los esqueletos de sus presas se sedimentan en el fondo de la bolsa-trampa como trofeo de caza y advertencia para los desventurados que se convertirán en sus futuras víctimas.

Las plantas carnívoras, además de ser un ejemplo interesante de cómo los vegetales ejercitan el sentido del gusto, brindan un estimulante tema de reflexión acerca de su dieta. Ante todo, contrariamente a lo que podría pensarse, estas plantas no son tan raras. Se conocen al menos seiscientas especies que disponen de una gran variedad de trampas y artimañas para capturar distintos tipos de animales. El carnivorismo vegetal propiamente dicho está, pues, más extendido de lo que se cree, y se manifiesta en cientos de especies distintas. El número aumenta más aún si incluimos las especies vegetales que obtienen algún tipo de provecho de la captura de insectos. Hasta hace algunos años, se creía que sólo algunas plantas –las definidas como carnívoras– poseían la

capacidad de digerir pequeños animales para obtener las sustancias nutritivas que necesitaban para vivir, pero algunos estudios recientes han arrojado nueva luz sobre esta práctica y han demostrado que en el mundo vegetal el recurso a la alimentación de origen animal es un fenómeno bastante difundido.

Si observamos las hojas de la patata, del tabaco o de plantas un poco más exóticas, como la *Pawlonia tomentosa* (un árbol originario de China cada vez más común en Europa), comprobaremos que en ellas es frecuente encontrarnos con insectos muertos. ¿Cómo es posible que estas plantas secreten sustancias pegajosas o venenosas capaces de matar insectos si luego no pueden digerirlos?

El motivo es sencillo y, pensándolo bien, del todo sensato: los cadáveres de estos insectos, aunque no sean digeridos enseguida, caen al suelo y se descomponen, liberando el nitrógeno que el vegetal necesita para su dieta; los que se quedan sobre las hojas sirven de alimento a las bacterias presentes en la planta, que absorbe sin problemas los residuos bacterianos, ricos en nitrógeno.

Tenemos, pues, que un buen número de especies, sin ser propiamente carnívoras, se sirven de los animales para enriquecer y aportar variedad a su dieta. Los estudiosos las han definido como «protocarnívoras».

Pero las sorpresas de la dieta vegetal no terminan aquí: a principios de 2012 se publicó un estudio relativo a una planta capaz de cazar gusanos con ¡trampas subterráneas! Se trata de una violeta que crece en terrenos muy áridos y pobres del Cerrado brasileño y que ha desarrollado unas hojas subterráneas capaces de atrapar y digerir nematodos, pequeños gusanos muy abundantes en la región. Las hojas son adhesivas, y los gusanos que se acercan a ellas se quedan pegados; más tarde son digeridos, convirtiéndose en una útil aportación a una dieta de lo contrario escasa en nitrógeno. Se trata de un descubrimiento importante, pues por primera vez se describe una técnica de caza subterránea que

también podría darse en otras especies características de suelos especialmente pobres.

Como ya hemos dicho, hoy en día las plantas consideradas carnívoras son unas seiscientas, pero si a este número le sumamos el de las «protocarnívoras» y el de las eventuales cazadoras subterráneas, podríamos hablar de cifras aún más impresionantes y, con ello, formarnos una idea totalmente nueva de la dieta de los vegetales.

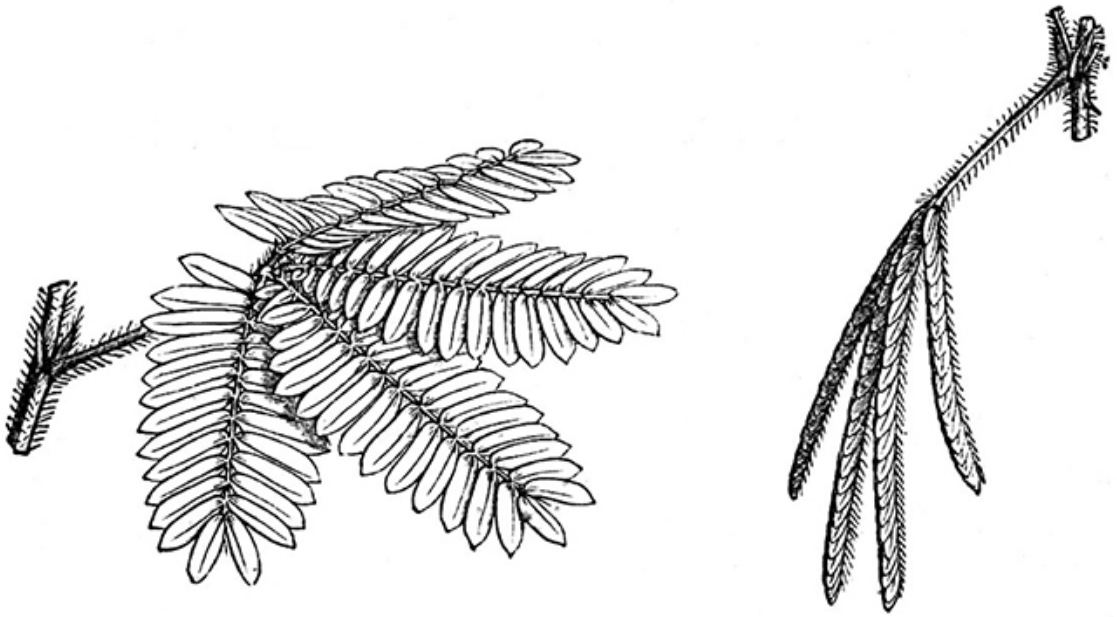
EL TACTO

Para entender si los organismos vegetales están o no dotados de sentido del tacto, planteémonos dos sencillas preguntas: ¿son conscientes las plantas del contacto con objetos externos? Y ¿pueden las plantas tocar algo conscientemente y extraer información?

En el mundo vegetal, el sentido del tacto se halla estrechamente relacionado con el del oído y se sirve de unos pequeños órganos, llamados «canales mecanosensibles», repartidos por toda la planta, pero presentes sobre todo en las células epidérmicas, es decir, las que se encuentran en contacto directo con el exterior. Dichas células abundan en receptores (los canales mecanosensibles) que se activan en cuanto la planta entra en contacto con algo o capta una vibración. Pero si la ausencia de un órgano sensitivo no basta para determinar que la planta carezca de la correspondiente percepción sensorial, tampoco la presencia de receptores basta para afirmar que la planta pueda sentir, por más que constituya un buen indicio.

¿Percibe la planta el contacto? Para responder basta con observar el comportamiento de la *Mimosa pudica*, un peculiar tipo de mimosa –llamada «sensitiva»– que cuando se la toca retrae las hojas, como si fuese tímida (de ahí su nombre). Basta un instante para activar este movimiento, que no es un reflejo condicionado (la hoja, por ejemplo, no se cierra cuando la moja el agua o la sacude el

viento, sino sólo cuando se la toca de verdad). Se trata, por lo tanto, de un comportamiento voluntario por la planta y acerca de cuya finalidad todavía existen interrogantes. A estas alturas parece evidente que se trata de una estrategia defensiva, pero ¿de qué quiere defenderse la mimosa? No está nada claro. Hay quien afirma que este retraimiento improviso podría espantar a los insectos herbívoros que se posan en la hoja; otros sostienen la tesis de que la mimosa ha desarrollado esta capacidad para adoptar un aspecto poco apetecible a ojos de los depredadores. Poco importa cuál sea la teoría correcta, lo que aquí nos interesa es que la planta no sólo posee un sentido del tacto formidablemente desarrollado, sino que es capaz de distinguir entre los distintos estímulos e incluso de modificar su comportamiento dejando de retraerse tras comprobar que un determinado estímulo no entraña peligro.



La *Mimosa pudica* con las hojas abiertas (izquierda) y cerradas (derecha): sus hojas tienen la capacidad de cerrarse al instante en respuesta a determinados estímulos táctiles.

El primero en percatarse de esta extraordinaria capacidad de aprendizaje de la mimosa fue un gigante de las ciencias: Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), inventor entre otras cosas de la palabra «biología». Él mismo explica que le confió al botánico

Augustin Pyramus de Candolle (1778-1841), joven colaborador suyo, el encargo de transportar cierto número de plantas de *Mimosa pudica* en un carruaje por las calles de París y describir su comportamiento.

A De Candolle no le sorprendía nada de lo que pudiera pedirle el gran Lamarck, y sin extrañarse lo más mínimo cargó en un carruaje todas las macetas de mimosa que pudo y salió a dar vueltas por París. Mientras paseaba tan curioso cargamento, en un momento dado De Candolle se dio cuenta de algo inesperado. Al principio todas las plantas de mimosa habían cerrado las hojas en respuesta al traqueteo del carruaje, que rodaba sobre los adoquines parisinos, pero al cabo de un rato las hojas volvieron a abrirse: por lo visto, se habían acostumbrado a las vibraciones.

La explicación de este curioso fenómeno era sencilla y enseguida le pareció evidente al atónito De Candolle: en poco tiempo, las plantas habían aprendido que las sacudidas del carruaje no eran peligrosas y, por lo tanto, habían dejado de malgastar energía en una acción que ya no tenía sentido.

La *Mimosa pudica* no es la única planta que podemos observar para convencernos de la existencia del sentido del tacto en los vegetales. Las especies carnívoras nos ofrecen otro extraordinario ejemplo de la capacidad de las plantas para sentir lo que ocurre en la superficie de sus hojas o flores. Como hemos visto, estas plantas actúan como trampas. Pero ¿cuándo se disparan dichas trampas? En el único momento posible, es decir, cuando el insecto se posa sobre la hoja. Las plantas carnívoras demuestran que pueden percibir claramente cuándo algo entra en contacto con ellas y distinguir incluso el tipo de sensación táctil que dicho contacto produce.

Sin necesidad de recurrir a las feroces carnívoras, podemos constatar que otras muchas plantas poseen esta misma capacidad. Varios tipos de flores adoptan la estrategia de cerrarse cuando los insectos polinizadores las visitan, con el fin de aprisionarlos y liberarlos sólo cuando estén bien cubiertos de polen: otro

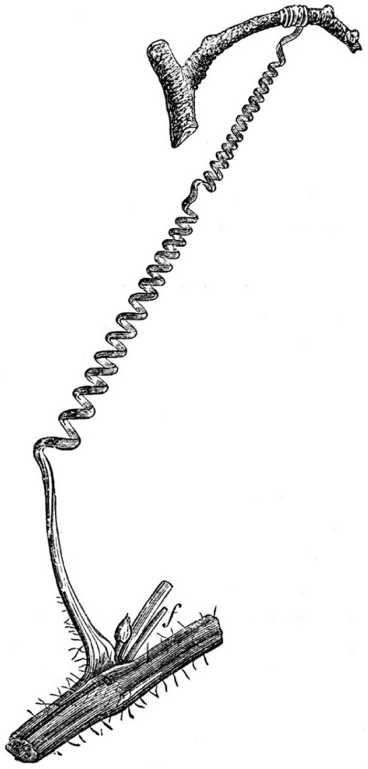
comportamiento que requiere por fuerza del sentido del tacto. A estas alturas parece indudable que las plantas están dotadas de una capacidad táctil pasiva gracias a la cual se dan cuenta de si hay algo posado sobre ellas, pero podemos preguntarnos si también poseen una capacidad activa: ¿pueden tocar voluntariamente los objetos externos para recabar información de ellos?

Para responder a esta pregunta, lo mejor que podemos hacer es fijarnos en cómo se comporta una raíz. Todas las plantas, como sabemos, disponen de millones de raíces (en ocasiones incluso cientos de millones) capaces de penetrar en la tierra, buscar agua y nutrientes y, por consiguiente, acercarse a éstos (o alejarse de eventuales sustancias peligrosas). ¿Qué ocurre cuando de camino a un nutriente o al agua la raíz se encuentra con un obstáculo, como por ejemplo una piedra? ¿Se detiene su crecimiento? ¿Se modifica según una dirección prefijada (por ejemplo avanzando siempre hacia abajo o desviándose siempre hacia la derecha)? Decididamente no.

Las pruebas de laboratorio demuestran que la raíz «palpa» el obstáculo y continúa creciendo, rodeándolo en busca del mejor modo de sortearlo. El encargado de esta importante función es el extremo de la raíz o ápice radical, que además posee otras muchas cualidades extraordinarias de las que nos ocuparemos más adelante (véanse pp. 119-125). El ápice toca el obstáculo para hacerse una idea de su configuración y se mueve en consecuencia. Se trata de una capacidad intuitiva: si no pudieran tocar y rodear los obstáculos, ¿cómo arraigarían los vegetales en los terrenos rocosos? Pero, raíces aparte, ¿cómo funciona el tacto en el resto de la planta?

Por lo que respecta a la parte aérea, el mejor ejemplo lo tenemos en las plantas trepadoras (y en general todas las que producen zarcillos). Fijémonos en el guisante trepador. Esta delicada planta produce zarcillos muy sensibles que en cuanto tocan algo se rizan en pocos segundos. El objetivo es enrollarse en torno al objeto con el que han entrado en contacto, un comportamiento que se repite en otras muchas plantas que palpan los objetos que las rodean hasta

elegir el que constituye un mejor soporte con objeto de aferrarse a él y seguir creciendo. ¿Qué mejor prueba para demostrar que las plantas tienen tacto? Por lo demás, se trata de un sentido muy difundido en el mundo vegetal.

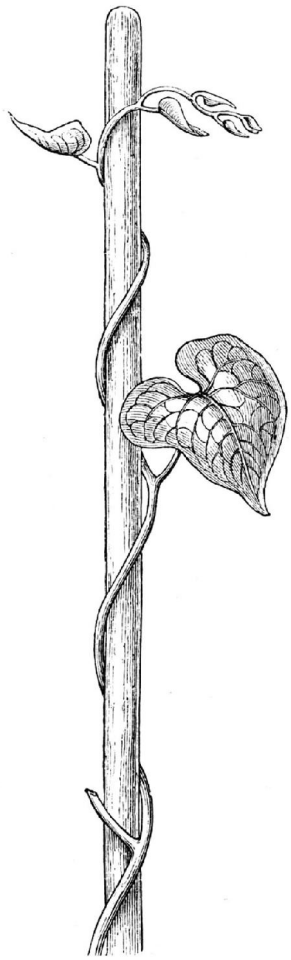


Zarcillos de *Bryonia dioica*.

En los últimos treinta o cuarenta años, desde que existen estadísticas de este tipo, se ha calculado que el número de lianas aumenta continuamente con respecto a las especies con tronco. Imaginemos por un instante que somos una planta recién nacida en el corazón de la selva ecuatorial, donde vive la mayor parte de las especies de liana. Somos pequeños y se nos presenta por delante un deber que hace temblar sólo con pensarlo: alcanzar la luz.

Basta un cálculo somero para convencernos de que antes de que podamos formar un tronco lo bastante alto como para recibir luz suficiente tendrán que pasar años de sacrificios y de descomunales dispendios energéticos. ¿Miedo? Existe otra posibilidad, un camino más corto, que es el que eligen las plantas trepadoras, especies perezosas que, ante la perspectiva de afrontar sacrificios como los que acabamos de describir, toman un atajo hacia las alturas aferrándose a un tronco ya formado para llegar en poco tiempo a la luz sin derrochar una energía preciosa. De hecho, la estrategia de las lianas recuerda mucho a ciertos comportamientos que se dan en nuestra especie, ¿a que sí?

EL OÍDO



Una planta trepadora: la *Ipomea purpurea*.

Ocupémonos ahora de uno de los sentidos vegetales más controvertidos y capaces de estimular el imaginario colectivo: el oído. ¿Oyen las plantas? Y de ser así, ¿es bueno hablarles? Si alguna vez os habéis detenido a observar una planta, os habréis planteado ya estas preguntas. Si, además, habéis intentado hacer algún experimento en casa, probablemente incluso tendréis alguna respuesta. Muchos dirán que las plantas crecen mejor cuando se les habla. Otros, por el contrario, afirmarán que eso a las plantas no les influye. Ambas respuestas pueden ser correctas, pero para dilucidar la cuestión es preciso dar antes un paso atrás.

Empecemos describiendo brevemente el mecanismo que nos permite oír y que, en cierto modo, define el sentido del oído tal y como lo conocemos. El órgano destinado a este sentido –tanto en el ser humano como en muchos animales– es el oído. Como sabemos, los sonidos son en realidad vibraciones que se desplazan por el aire en forma de ondas sonoras hasta que son captadas por el pabellón auricular.

Éste, a su vez, encauza las ondas sonoras hacia el tímpano, que con su vibración nos permite retraducir las ondas a sonidos. El movimiento físico de la membrana del tímpano, de hecho, se convierte en una señal eléctrica que transporta la información hasta el cerebro a través del nervio auditivo. Vemos, pues, que el oído se sirve del aire como vector fundamental: sin éste (en el vacío), la transmisión de las ondas sería imposible y obviamente no podríamos oír nada.

Las plantas, como sabemos, carecen de orejas. Esta constatación no debería sorprendernos: ya hemos descubierto que los vegetales pueden ver sin ojos, degustar sin papilas, oler sin nariz y hasta digerir sin estómago. ¿Por qué la mera ausencia de pabellones auriculares debería impedirles oír?

También en este caso la evolución ha desempeñado un papel fundamental a la hora de diferenciarlas de nosotros. Ha dotado al ser humano de un par de oídos colocados a los lados de la cabeza (para captar las ondas sonoras provenientes de ambos lados) porque, como muchos animales, nos servimos del aire como vector sonoro. Pero las plantas también tienen a su disposición otro vector para la transmisión de sonidos: la tierra.

¿Cómo oyen, pues, los vegetales? Pues de la misma manera en que oyen todos los animales –y son muchos– desprovistos de oído externo. ¿Nunca os habéis fijado? Las serpientes, los gusanos y muchos otros animales carecen de este órgano sensitivo, y aun así oyen. ¿Cómo lo hacen?

La capacidad auditiva de estos animales se debe al hecho de que éstos, como las plantas, han evolucionado en el interior de un óptimo conductor de vibraciones. ¿Recordáis las películas en las que los indios pegaban la oreja al suelo para oír a distancia las pisadas de los caballos? Pues bien, ¡las plantas (y como ellas las serpientes, los topos, los gusanos, etc.) emplean la misma técnica!

La tierra es un conductor tan extraordinario que en ella no es preciso tener orejas para oír: las vibraciones pueden ser captadas por todas las células de la planta gracias a la presencia de los canales mecanosensibles ya mencionados al hablar del tacto (véase p. 58). En los vegetales, pues, también el sentido del oído es difuso y no concentrado en un único órgano como en el ser humano. La planta escucha con todo su cuerpo, como si tanto su parte aérea como su parte subterránea estuvieran cubiertas de millones de pequeñas orejas. Como el resto de sentidos, también el auditivo ha evolucionado para responder a las necesidades derivadas del

entorno en el que viven las plantas, que tienen la mitad del cuerpo (la parte más sensible) enterrada en el suelo.

Al igual que muchos animales que habitan bajo tierra o en estrecho contacto con ella, los organismos vegetales no han necesitado desarrollar orejas ni ningún otro tipo de órgano específico, ya que sin ellos también oyen perfectamente.

El funcionamiento de los canales mecanosensibles quedará más claro con un sencillo ejemplo. ¿Habéis estado alguna vez en una discoteca? En tal caso, os habréis dado cuenta de que las vibraciones son tan fuertes que producen una especie de eco dentro de nosotros, más o menos a la altura del vientre. Incluso las personas sordas pueden percibir este tipo de sonidos (y en general los bajos a todo volumen), ya que las ondas sonoras hacen que todo el cuerpo vibre. Pues bien, pensemos que para las plantas la tierra es como una especie de discoteca abierta durante todo el día. Los vegetales se sirven del mismo tipo de recepción sonora que hemos descrito, sólo que de un modo mucho más refinado.

A lo largo de los años, se han realizado numerosos experimentos con el fin de confirmar las capacidades auditivas de las plantas, y los resultados, tanto los obtenidos en laboratorio –que recientemente han demostrado que la exposición al sonido altera la expresión génica de las plantas– como en trabajos de campo, siempre han sido interesantes.

Un viticultor de la localidad italiana de Montalcino, en colaboración con el LINV (Laboratorio Internacional de Neurobiología Vegetal) y la empresa Bose (líder en el campo de la tecnología del sonido), que ha financiado la investigación, dedicó cinco años a cultivar sus viñas con música.

Los resultados fueron sorprendentes: las viñas sometidas al tratamiento musical no sólo crecieron mejor que las que no escuchaban nada, sino que maduraron antes y produjeron una uva más rica en sabor, color y polifenoles. Además, la música desorientaba a los insectos, lo que los mantenía alejados. Gracias a ella pudo reducirse de forma drástica el uso de insecticidas,

inaugurando una nueva y revolucionaria rama en el campo de la agricultura biológica: la agricultura fonobiológica. En 2011, la EUBRA (Agencia Euro-Brasileña para el Desarrollo Sostenible, promovida por Naciones Unidas) incluyó dicho experimento entre los trescientos proyectos que cambiarán el mundo de la «economía verde» durante los próximos veinte años.

No hay de qué sorprenderse. Hace años que la música se utiliza con éxito para tratar a pacientes que han sufrido ictus o en estado de coma, así como en la cura de la epilepsia y de los trastornos del sueño. La música nos ayuda a relajarnos y a estudiar, excita, emociona, proporciona placer o molestia. Incluso las vacas parecen apreciarla (la clásica), hasta el punto de que su presencia es obligatoria en la crianza del famoso buey de Kobe japonés. En cuanto a la música moderna, como bien sabrán quienes practican deportes individuales, algunas listas de reproducción obran efectos superiores a los de las sustancias dopantes, de aquí que el uso de auriculares esté prohibido en todas las competiciones internacionales e incluso en la maratón de Nueva York. No obstante, aunque no caben dudas acerca de los resultados, confirmados científicamente incluso en las plantas, falta entender por qué la música tiene tales efectos. Los vegetales, obviamente, no pueden distinguir –y tanto menos preferir– entre un tipo u otro de música.

Digámoslo claramente desde el principio: no es el género musical lo que condiciona su crecimiento, sino las frecuencias sonoras que lo componen. Ciertas frecuencias, sobre todo las bajas (entre los 100 y los 500 Hz), favorecen la germinación de las semillas, el crecimiento de la planta y la prolongación de las raíces, mientras que otras, las más altas, tienen un efecto inhibidor.

Algunos experimentos recientes, más centrados en la parte hipogea de la planta que en la aérea, han demostrado que las raíces perciben una gama muy amplia de vibraciones sonoras y que dichas vibraciones pueden influir en su crecimiento direccional según un movimiento que ha dado en llamarse «fonotropismo» (del griego *phónos*, «sonido», y *trépein*, «dirigirse»). Por lo tanto, también las

raíces oyen y distinguen las frecuencias de sonido. En función del tipo de vibración percibida, deciden si acercarse o alejarse de la fuente sonora. Y ¿para qué sirve que las raíces perciban las vibraciones? Eso no lo sabemos aún, pero las primeras suposiciones a este respecto son de lo más sugerente y merecen ser comentadas.

Hasta hace muy pocos años, se creía que las plantas obtenían información de las vibraciones transmitidas por el terreno, pero que no podían utilizarlas para comunicarse entre ellas porque no eran capaces de emitir sonidos. Sin embargo, en 2012, una investigación realizada en Italia demostró que las raíces sí emiten sonidos, aunque no está claro cómo se produce tal fenómeno.

La sonoridad de las raíces ha sido bautizada de forma provisional como *clicking*, porque los sonidos que la caracterizan se parecen a un clic. Lo más probable es que estos pequeños clics sean el resultado de la rotura de las paredes celulares –hechas de celulosa y, por lo tanto, bastante rígidas– durante el crecimiento de las células.

Aunque las plantas no los emitan de manera voluntaria, su importancia podría ser crucial. El descubrimiento abre nuevos horizontes para el estudio de la comunicación vegetal: el hecho de que las raíces emitan sonidos y sean capaces de percibirlos parece sugerir la existencia de una vía de comunicación subterránea.

Por lo demás, según algunos estudios publicados en 2012, las raíces muestran un comportamiento organizado, típico de los enjambres, lo que presupone que los aparatos radicales de cada planta a título individual poseen alguna forma de comunicación destinada a explorar el terreno de manera eficaz y a optimizar el crecimiento. Esto representaría una gran ventaja tratándose de seres que no pueden desplazarse y que sólo tienen a disposición un espacio limitado.

Si futuras investigaciones confirman la teoría de que las raíces son capaces de comunicarse entre ellas mediante sonidos, nuestra idea de las plantas daría una vez más un giro completo.

… ¡Y OTROS QUINCE SENTIDOS!

Las plantas poseen cinco sentidos muy parecidos a los nuestros: vista, olfato, gusto, oído y tacto. Desde el punto de vista sensorial, se diría que, lejos de estar menos dotadas que nosotros, se nos parecen bastante. Pero no: las plantas, en realidad, son mucho más sensibles y poseen por lo menos otros quince «sentidos» de los que nosotros carecemos.

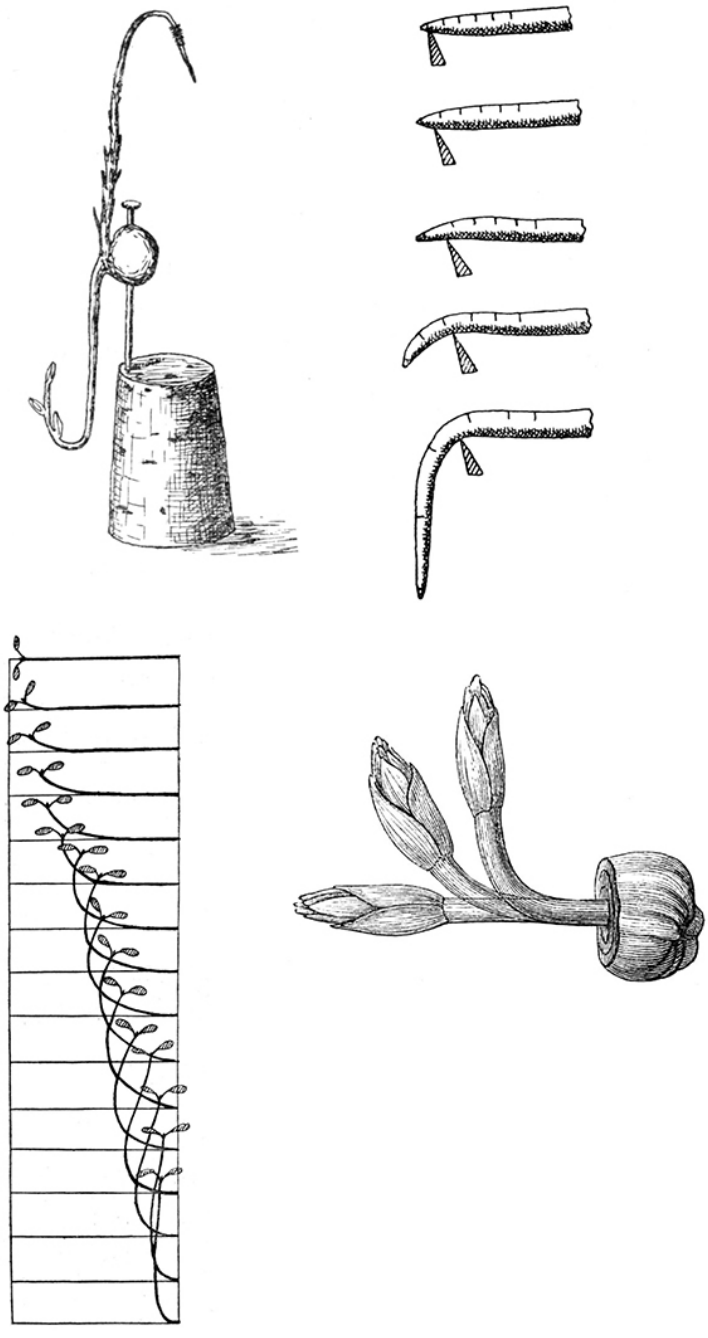
Algunos de estos sentidos se han desarrollado por motivos que no es difícil intuir. Una planta, por ejemplo, puede medir con precisión la humedad de un terreno e identificar fuentes de agua aunque se encuentren a gran distancia, ya que dispone de una especie de higrómetro (medidor de humedad, del griego *hygrós*, «húmedo», y *métron*, «medida») muy útil a efectos de averiguar cuál es la cantidad de agua presente en el suelo y su localización. Resulta evidente por qué el mundo vegetal ha desarrollado esta capacidad especial que para nosotros, que somos seres móviles, resulta mucho menos importante.

Las plantas poseen otras capacidades extraordinarias: por ejemplo, pueden detectar la gravedad, los campos electromagnéticos (que influyen en su crecimiento) y, obviamente, son capaces de reconocer y de medir un inmenso número de gradientes químicos presentes en el aire o en la tierra.

Algunos de estos sentidos están localizados en las raíces, otros en las hojas y otros incluso se hallan dispersos por todo el organismo vegetal, pero lo que más sorprende es el nivel de refinamiento que alcanzan estos verdaderos laboratorios de análisis verdes. Las plantas, en efecto, pueden identificar y reconocer cantidades absolutamente irrisorias de elementos químicos importantes o dañinos para su crecimiento, incluso a varios metros de distancia de las raíces. En comparación, nuestra nariz es un órgano sensitivo mucho menos desarrollado. Cuando las raíces de la planta han percibido el nutriente, se encaminan en esa dirección y

crecen hasta donde se encuentra para absorberlo. Por el contrario, en el caso de contaminantes o de compuestos químicos peligrosos, tanto para el mundo vegetal como para el animal (como el plomo, el cadmio o el cromo, que por desgracia cada vez son más abundantes en el suelo), las raíces se alejan de ellos lo máximo posible.

Facultades como éstas se descubrieron hace casi un siglo y han sido estudiadas en profundidad sin que por ello se hayan visto bajo la perspectiva correcta (la de los sentidos vegetales), sencillamente porque todavía hoy, en nuestra cultura, las plantas no se consideran seres sensibles (capaces de sentir), sino organismos pasivos, insensibles y carentes de todos los atributos característicos de los animales. Sin embargo, el mundo vegetal, ajeno a la escasa consideración de que goza entre nosotros, nos brinda una ayuda impagable en muchos campos gracias a estas formidables capacidades.



Ejemplos de gravitropismo: las plantas pueden percibir la dirección de la fuerza de la gravedad. Las raíces crecen siguiendo el vector de gravedad, mientras que las ramas o el tallo se desarrollan en dirección opuesta.

Hemos visto que las plantas sintetizan decenas de miles de moléculas –muchas de las cuales se utilizan en nuestra

farmacopea–, producen oxígeno, proporcionan uno de los materiales de construcción más difundidos (la madera) y que en el pasado produjeron incluso las reservas energéticas (los combustibles fósiles) que desde hace siglos hacen posible nuestro desarrollo tecnológico. Aportaciones preciosas e indispensables, sin contar que las plantas son el único recurso de que disponemos para descontaminar el planeta.

Tomemos, por ejemplo, una sustancia como el tricloroetileno (TCE), un disolvente orgánico utilizado en la industria del plástico y que en los países industrializados contamina un alto porcentaje de los recursos hídricos, lo que impide su consumo por parte del ser humano. El TCE es prácticamente indestructible y puede permanecer inalterado durante decenas de miles de años: todo un monstruo tóxico y peligroso que, sin embargo, las plantas son capaces de absorber tranquilamente para transformarlo en cloro gaseoso, dióxido de carbono y agua. En definitiva, de disolverlo.

La extraordinaria habilidad de los vegetales para volver inocuos algunos de los contaminantes más peligrosos para el ser humano (que, por regla general, es también quien los produce) y para descontaminar terrenos y aguas es un factor clave en varias de las técnicas de saneamiento en que se basa la llamada «fitorremediación». Todo apunta a que este conjunto de biotecnologías puede tener un potencial económico y tecnológico inmenso como solución para el saneamiento de suelos, pero su explotación todavía está en mantillas.

Al ritmo al que permitimos que se extingan las especies vegetales, es probable que también en este campo estemos renunciando a quién sabe cuántas soluciones aún inexploradas y a la futura posibilidad de descontaminar el planeta de manera eficaz, con un coste asumible y sin ningún impacto.

Para una introducción al mundo de las plantas carnívoras, véase:

P. D'AMATO, *The Savage Garden*, Berkeley, Ten Speed Press, 1998.

Por lo que respecta al extraordinario mundo de las *Nepenthes*, vale la pena citar las siguientes publicaciones:

C. CLARKE, *Nepenthes of Borneo*, Kota Kinabalu, Natural History Publications, 1997.
C. CLARKE, *Nepenthes of Sumatra and Peninsular Malaysia*, Kota Kinabalu, Natural History Publications, 2001.

Evidentemente imprescindible es la lectura de C. Darwin, *Plantas insectívoras*, trad. de Susana Pinar García, Madrid, Los Libros de la Catarata, 2008. La versión inglesa (*Insectivorous Plants*, Londres, John Murray, 1875) puede encontrarse gratuitamente en internet (véase, por ejemplo: http://darwin-online.org.uk).

En cuanto a la primera descripción de la dionea, remitimos a J. Ellis, «Botanical Description of a New Sensitive Plant, Called *Dionoea muscipula* or, Venus's Fly-trap. A Newly Discovered Sensitive Plant: In a Letter to Sir Charles Linnaeus», en *Directions for Bringing Over Seeds and Plants from the East-Indies and Other Distant Countries*, Londres, L. Davis, 1770, pp. 35-41. El texto de esta obra, como el de Darwin, puede consultarse fácilmente en internet, por ejemplo, en la dirección:
http://huntbot.andrew.cmu.edu/HIBD/Departments/Library/Library-PDF/Ellis-Seeds.pdf.

En cuanto al «protocarnivorismo», véase el iluminador estudio de M. Chase, *et al*., «Murderous Plants: Victorian Gothic, Darwin and Modern Insights into Vegetable Carnivory», *Botanical Journal of the Linnean Society*, n.º 161 (2009), pp. 329-356.

Sobre la capacidad de las plantas para emitir sonidos, véase el recentísimo trabajo de M. Gagliano, S. Mancuso y D. Robert,

«Toward Understanding Plant Bioacustic», *Trends in Plants Science*, vol. 17, n.º 6 (2012), pp. 323-325.

Para profundizar en el «comportamiento de enjambre» de las plantas, véase el también reciente artículo de M. Ciszak, *et al*., «Swarming Behavior in the Plant Roots», *Plos One*, vol. 7, n.º 1 (2012), también disponible en: http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0029759.

El descubrimiento de plantas carnívoras capaces de cazar animales en el suelo gracias a hojas subterráneas es muy reciente, por lo que las fuentes todavía son más bien escasas, pero ya puede leerse el primer artículo publicado sobre el asunto:

C. G. PEREIRA, *et al*., «Underground Leaves of Philcoxia Trap and Digest Nematodes», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 109, n.º 4 (2012), pp. 1154-1158.

En lo tocante a la teoría de los «ocelos» de Gottlieb Haberlandt, véase su *Sinnesorgane im Pflanzenreich, zur Perception mechanischer Reize*, Leipzig, Engelmann, 1901.

El texto, hoy de dominio público, puede descargarse también en la siguiente dirección de internet: http://archive.org/details/sinnesorganeimp00habegoog.

IV

La comunicación de las plantas

Tratad de imaginar un planeta en el que las plantas han aprendido a comunicarse. En ese mundo imaginario, pueden intercambiar información entre ellas e incluso comunicarse con los animales, incluidos los humanos. En un planeta como ése, los vegetales han aprendido a «hablar» con los animales en su lengua y pueden llegar a utilizar argumentos muy convincentes para obtener la ayuda que necesitan.

Pueden ampliar el radio de sus exploraciones más allá de los confines de su organismo sirviéndose de otras plantas y de algunos animales como si de una red de informadores se tratara. Pueden pedir pequeños favores y, dada su incapacidad para desplazarse, solicitar la intervención de otras especies en caso de necesidad, sobre todo para defenderse de depredadores herbívoros. También pueden pedir ayuda para reproducirse y extenderse por el entorno. ¿Os imagináis un mundo así? ¿Un mundo en el que los organismos más silenciosos, pasivos e indefensos de que tenemos conocimiento –las plantas–, condicionan y, en ciertos aspectos, orquestan la vida de los animales, desde el más modesto gusano hasta el ser humano? Pues bien, ese mundo existe: bienvenidos a la Tierra.

LA COMUNICACIÓN EN EL INTERIOR DE LA PLANTA

¿Hay alguien ahí?

Antes de preguntarnos si las plantas pueden comunicarse consigo mismas, preguntémonos para qué podría servir tan peculiar competencia en el caso de que efectivamente dispusieran de ella. Mientras tratamos de responder a esta pregunta, descubriremos para qué sirve que las raíces puedan comunicarse con las hojas y viceversa.

A través de los sentidos de los que están dotadas, las plantas reúnen información acerca del entorno y se orientan en el mundo. Pueden medir decenas de parámetros distintos y, por lo tanto, elaborar un gran volumen de datos. Sólo que para un organismo vivo, a diferencia de para una computadora, lo importante no es tanto recabar una cantidad infinita de información como ser capaz de emplearla de manera útil.

Pongamos por caso que las raíces de una planta detectan que en la tierra no queda agua o que un herbívoro acaba de atacar a una hoja: en casos así, parece vital informar al resto de la planta. Es más, cualquier retraso en la transmisión de la información podría comprometer la supervivencia de todo el organismo. Transmitir información de este tipo resulta absolutamente indispensable, pero ¿podemos afirmar que hacerlo constituye un acto de comunicación en sentido estricto?

Para responder, definamos antes qué se entiende por «comunicación». Todos sabemos qué significa, pero a veces resulta útil tratar de definir una palabra, aunque sea de uso común, para estar seguros de que compartimos el significado que les atribuimos. Según una de las definiciones más generalizadas, el término «comunicación» indica la transmisión de un mensaje por parte de un emisor a un destinatario. Así pues, para que exista comunicación necesitamos un mensaje, alguien que lo transmita y alguien que lo reciba. Este esquema comunicativo tan elemental no exige que ambos sujetos (emisor y destinatario) deban estar localizados en organismos distintos, y, de hecho, el funcionamiento de nuestro propio cuerpo –como el de cualquier otro ser viviente– es un ejemplo claro de que puede haber comunicación incluso entre

distintas partes de un mismo organismo. Cuando, por ejemplo, nos golpeamos un pie y sentimos dolor, es porque ha habido una comunicación entre el pie y el cerebro. Del mismo modo, cuando tocamos algo suave y sentimos placer es gracias a la transmisión de la señal táctil, que de la mano llega una vez más al cerebro. Como es evidente, todas las partes del cuerpo de los animales son capaces de transmitir mensajes. Comunicar es vital para todos los seres vivos: les permite evitar peligros, acumular experiencia y conocer su propio cuerpo, así como el entorno. ¿Por qué motivo un mecanismo tan sencillo debería estar fuera del alcance de las plantas? ¿Tal vez porque no tienen cerebro? En realidad no existe ninguna razón por la que un organismo carente de cerebro no pueda transmitir mensajes a través de su cuerpo y, de hecho, enseguida veremos que también las plantas son perfectamente capaces de hacerlo. Es cierto que algunos obstáculos de tipo técnico parecen negar esta posibilidad, ya que los organismos vegetales no están dotados de las estructuras biológicas encargadas por lo común para transmitir impulsos eléctricos, es decir, las señales que en el caso de los animales transportan físicamente la información del sistema periférico al central: las plantas no tienen nervios. Sin embargo, acabamos de decir que comunicar mensajes es tan fundamental para un vegetal como para un animal, y puede revestir la misma urgencia.

La información que llega de las raíces, lo mismo que la que proviene de las hojas, es esencial para el organismo en su conjunto y debe ser transmitida de forma rápida para que éste pueda permanecer con vida.

El sistema vascular de las plantas

Para transportar información de una parte a otra del cuerpo, los vegetales no sólo se sirven de señales eléctricas, sino también hidráulicas y químicas. Disponen, pues, de tres sistemas independientes, y a veces complementarios, que actúan en radios cortos y largos y que son capaces de acceder a partes de la planta

situadas lo mismo a pocos milímetros como a decenas de metros. Veamos rápidamente cómo funcionan.

El primer sistema, basado en las señales eléctricas, es uno de los más utilizados y, a efectos prácticos, es el mismo que se da en los animales y en el ser humano, aunque con alguna «personalización vegetal». Por ejemplo, ya hemos dicho que las plantas no tienen nervios, es decir, que carecen del tejido encargado de transmitir los impulsos nerviosos. A primera vista se trata de un problema serio: ¿cómo enviar señales eléctricas sin disponer de tejidos específicos para ello? Las plantas han encontrado una solución muy práctica: para los recorridos breves, las señales pasan de una célula a otra a través de unas sencillas aberturas presentes en la pared celular, llamadas «plasmodesmos» (del griego *plásma*, «estructura», y *désma*, «unión»); para recorridos más largos (por ejemplo, de la raíz a las hojas) utilizan en cambio el «sistema vascular» principal.

¿Cómo? Las plantas no tienen corazón, pero ¿tienen sistema vascular? Exactamente: al igual que los animales, también las plantas están dotadas de un aparato hidráulico que sirve principalmente para transportar material de un punto a otro del organismo y que funciona como un auténtico sistema vascular, en todo similar al nuestro salvo por el hecho de carecer de una bomba central (es decir, no tienen corazón, en consonancia con su falta de necesidad de poseer órganos únicos, de la que ya hemos hablado extensamente). Las plantas, pues, tienen un aparato circulatorio que les permite transportar líquidos de abajo arriba y viceversa: una especie de sistema arterial y venoso, al que llamamos «xilemático» cuando funciona de abajo arriba y «floemático» cuando los líquidos circulan de arriba abajo.

El *xilema* (del griego *xúlon*, «madera») es el tejido conductor dedicado principalmente al transporte de agua y sales minerales (aunque por él también transitan otras sustancias) desde las raíces hasta las hojas, mientras que el *floema* (del griego *phlóios*, «corteza») es el tejido conductor que cubre el recorrido inverso,

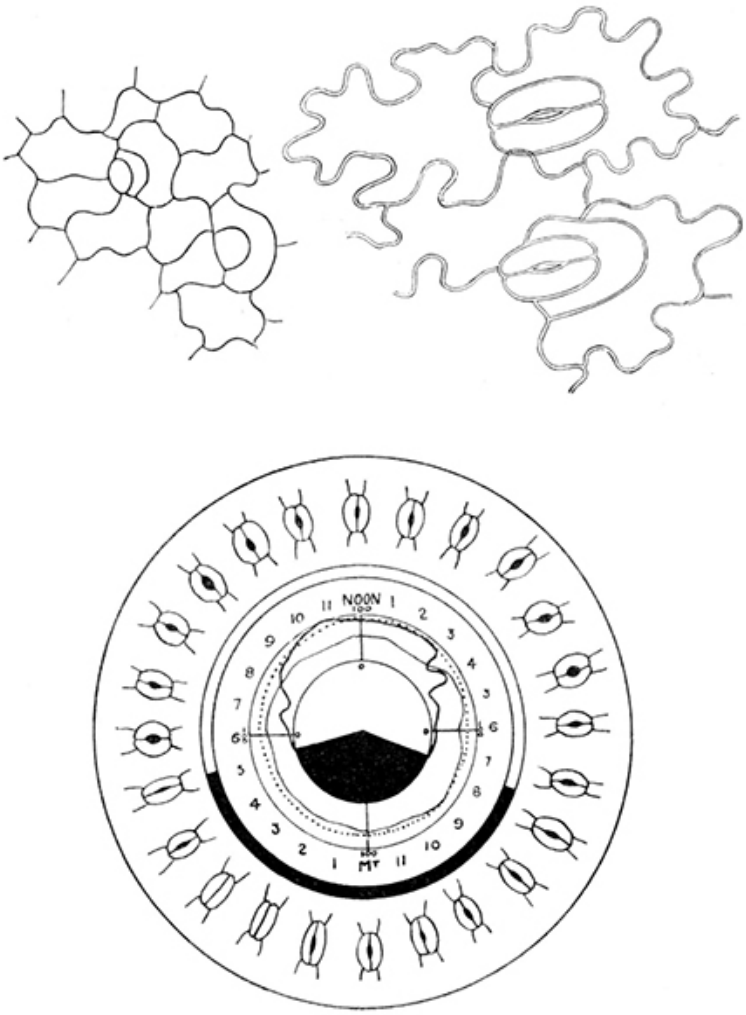
transportando los azúcares producidos por la fotosíntesis desde las hojas hasta los frutos y las raíces.

La finalidad de esta circulación interna enseguida resulta evidente si pensamos que las hojas pierden por transpiración buena parte del agua que absorben por las raíces, y que por consiguiente debe ser renovada constantemente, mientras que los azúcares producidos por la fotosíntesis –que representan la principal fuente de energía de la planta– deben trasladarse continuamente del lugar de producción (las hojas) al resto de partes del organismo. Mediante este complejo sistema vascular, los mensajes eléctricos circulan con facilidad y de manera relativamente rápida. Así, señales que enviadas por medios químicos tardarían muchísimo tiempo en llegar a su destino pueden viajar en poco tiempo entre las raíces y las hojas y transportar mensajes urgentes, como los que se refieren al estado hídrico del terreno.

¿Hay poca agua? ¿Hay mucha? Las hojas, advertidas en su debido momento, se regularán en consecuencia.

Los estomas

Antes de citar algún caso concreto, echemos un vistazo de cerca al funcionamiento de los estomas (del griego *stoma*, «boca», «abertura»), unas estructuras especiales que recubren las hojas (generalmente, la superficie inferior). Se trata de pequeñas aberturas que comunican el interior de la planta con el exterior, parecidas, para entendernos, a los poros de nuestra piel. Cada estoma está regulado por dos células «de guardia» que supervisan su abertura y cierre en función de las condiciones hídricas y de luz en que se encuentra el organismo.



La estructura de los estomas (arriba): a través de estas pequeñas aberturas presentes en su superficie, las hojas reciben el dióxido de carbono necesario para la fotosíntesis y liberan vapor de agua. En condiciones normales, su ciclo de abertura y cierre (derecha) se regula en función de la presencia y la intensidad de la luz.

La misión de los estomas es mucho más compleja de lo que podría parecer a simple vista. Y es que mantener el equilibrio entre las múltiples necesidades de la planta no tiene nada de sencillo: por un lado, dado que a través de los estomas entra el dióxido de carbono (CO_2) necesario para realizar la fotosíntesis, a la planta debería interesarle tenerlos siempre abiertos –al menos durante las horas de luz–; por otro, cuando están abiertos, la planta pierde mucha agua debido a la transpiración.

Todas las plantas se enfrentan a un serio dilema: ¿mantener abiertos los estomas y producir mediante la fotosíntesis los azúcares necesarios para sobrevivir, aunque ello implique la pérdida de gran cantidad de agua, o bien cerrarlos para conservar el agua necesaria, renunciando así a la fotosíntesis? Un problema de difícil solución, tan arduo que para entender cómo se las ingenian las plantas para resolverlo se han elaborado conceptos como las «dinámicas colectivas» o el «cálculo distribuido emergente», que ciertamente parecen algo fuera de lugar cuando se los aplica a las plantas.

Sea como fuere que las plantas llegan a tomar la decisión adecuada, es cierto que ésta pasa por un compromiso entre la exigencia de producir azúcares y la de no perder agua, elementos ambos indispensables para la vida. Pongamos un ejemplo: los potentes rayos del sol del verano son valiosísimos para la fotosíntesis, del mismo modo que lo son para los paneles solares. A diferencia de éstos, que producen tanta más energía cuanto mayor sea la radiación recibida, las plantas, además de la luz, deben tener en cuenta sus reservas hídricas. Por eso, durante las horas centrales del día –las más calurosas–, cierran los estomas, renunciando así a unas condiciones óptimas para la fotosíntesis; de esta manera no corren el riesgo de deshidratarse en exceso.

Imaginémonos un árbol (por ejemplo, una encina o una secuoya gigante) cuyas raíces de repente se dan cuenta de que en el terreno no queda agua. Ante un caso así, resulta imperativo informar a las hojas, ya que si los estomas siguieran abiertos y transpirando agua, la planta podría morir en breve tiempo. ¡El peligro es serio! Se trata, pues, de un mensaje crucial para la supervivencia, y por ese motivo debe viajar rápidamente.

Para garantizar que llegue a tiempo, la planta utiliza como primera opción una señal eléctrica que llega en poco tiempo a las hojas para dar la orden de cerrar los estomas. Al mismo tiempo que la señal eléctrica, rápida y esencial, parten también unas señales químico-hormonales que para desplazarse se sirven del sistema vascular y que tardan más tiempo en llegar a las hojas. En el caso

de un árbol muy alto, el viaje puede durar incluso varios días. La llegada de las señales químico-hormonales, sin embargo, garantizará que las hojas dispongan de una información más completa.

¡Una fuga de agua!

El sistema hidráulico también resulta muy útil para transportar mensajes de otro tipo. Para explicarnos mejor, imaginemos el organismo vegetal como si fuera un sistema cerrado. ¿Alguna vez habéis cortado o arrancado una rama, una hoja o el pedúnculo de una flor y os habéis fijado en el líquido que sale de la herida? Cuando un tejido desaparece de repente, esto provoca en la planta una leve descompensación hidráulica que comunica al organismo un mensaje sencillo pero fundamental: ¡cuidado, en algún lugar hay una fuga de agua! Esta información pone en alerta al vegetal, que procede de inmediato a localizar la fuga y a cicatrizar la herida.

Como hemos visto, los tres sistemas de señalización interna son complementarios. Actúan en radios cortos y largos y transportan múltiples tipos de información, lo que contribuye a mantener la planta con vida y en equilibrio. También desde este punto de vista, las plantas no son tan diferentes de nosotros.

No obstante, a pesar de las semejanzas, la arquitectura general de las vías de comunicación internas de la planta es muy distinta de la que caracteriza el cuerpo de los animales. Mientras que los animales están dotados de un cerebro central hacia el cual se dirigen todas las señales, las plantas –en virtud de su construcción modular y repetida– disponen de múltiples «centros de elaboración de datos» que permiten gestionar las señales de manera muy distinta.

El ser humano no puede dirigir ningún mensaje desde el pie a la mano o a la boca: todas las señales, salvo unas pocas excepciones, deben elaborarse antes en el cerebro. Las plantas, por el contrario, pueden comunicarse no sólo desde las raíces hasta las hojas y viceversa, sino también de una raíz a otra o de una hoja a otra. Su

inteligencia está distribuida. Por eso, al no haber un único centro de elaboración, no hay necesidad de que la información siga siempre un mismo recorrido, sino que puede transmitirse al momento y de manera eficaz allá donde sea preciso.

LA COMUNICACIÓN ENTRE PLANTAS

El lenguaje vegetal

Al hablar de los sentidos de las plantas ya hemos adelantado que pueden comunicarse entre ellas gracias a un lenguaje compuesto por miles de moléculas químicas que se liberan en el aire o en el agua y que contienen información de distinto tipo (véanse pp. 48-50).

Esta emisión es, pues, el método de comunicación favorito de las plantas, del mismo modo que la emisión de sonidos articulados lo es para el ser humano. Sin embargo, los humanos también pueden comunicarse mediante gestos, expresiones y posturas, es decir, con el lenguaje corporal: un sistema de comunicación que, aunque varíe mucho de especie a especie, poseen también muchos animales, sobre todo los superiores.

¿Y las plantas? También éstas son capaces de comunicarse tocándose (generalmente con las raíces, pero a veces también con la parte aérea) o adoptando una posición determinada con respecto a sus vecinas. Es el caso de las que compiten entre sí para «evitar la sombra», proceso durante el cual adoptan posiciones distintas unas con respecto a otras en un intento por ser las primeras en conquistar la luz (véase p. 43).

Otro ejemplo de comunicación «gestual» lo encontramos en la llamada «timidez de las copas», según la ha definido el botánico francés Francis Halle (1938). Este fenómeno, por el cual ciertos árboles tienden a evitar que las copas se toquen aunque crezcan muy cerca las unas de las otras, no atañe a todas las especies. Al contrario, por regla general los árboles no son tímidos en absoluto y

entrelazan sus copas con total libertad. Sin embargo, los ejemplares de algunas familias, como las fagáceas, las pináceas o las mirtáceas –por citar algunas de las más comunes–, son más bien reservados y no son amigos de entrelazar sus copas. Haced la prueba: entrad en un pinar y mirad hacia arriba. ¿Nunca os habéis fijado? Aunque crezcan unos junto a otros, los pinos se las arreglan para que sus copas no se toquen nunca, dejando un pequeño espacio libre entre sus hojas y las del vecino con el fin de evitar un contacto tal vez indeseado. Aunque no está claro por qué ni cómo ocurre, es evidente que este fenómeno implica algún sistema de señales mediante el cual las copas se comunican sus respectivas presencias y pactan un reparto del territorio (en este caso, de aire y luz) para no molestarse.

Las plantas reconocen a su parentela

Las plantas interactúan entre sí a muchos niveles, y durante estas interacciones, al igual que los animales, manifiestan sus distintas personalidades. ¿Existen, pues, especies más o menos competitivas, agresivas, colaborativas o tímidas? ¡Por supuesto! Y no sólo eso: si bien las similitudes con el mundo animal no son muchas en el ámbito anatómico, son, en cambio, numerosas en el ámbito conductual. Esto no debe sorprendernos: en el fondo, todos los seres vivos tienen los mismos objetivos y, cabe presumir que, de algún modo, los medios adoptados para alcanzarlos también se parezcan. Sin embargo, por numerosas que sean las afinidades entre la conducta de los animales y la de los vegetales, parece que hay un dominio entero que queda fuera de éstas: el de las relaciones familiares. Las plantas, en efecto, no tienen familia, o por lo menos nada que se parezca al tipo de vínculo que se instaura entre individuos de la misma especie emparentados entre sí. Pero ¿es esto verdad?

En el mundo vegetal no esperaríamos encontrarnos con conceptos como el de parentela o de clan, nociones que tendemos a asociar con especies mucho más evolucionadas, como los humanos

o algunos animales superiores, pero en cualquier caso no con las plantas. Pero lo cierto es que también las plantas son capaces de reconocer a sus parientes y, en general, se muestran con ellos mucho más amistosas que con los extraños. ¿Sorprendidos? En realidad no hay de qué.

Antes de profundizar en este punto, preguntémonos lo siguiente: ¿para qué sirve esta capacidad? Se trata de una pregunta legítima, ya que en la naturaleza ninguna facultad se desarrolla sin motivo, y esta regla, obviamente, vale también para el reconocimiento de los vínculos familiares.

Saber identificar a los individuos con los que se tienen fuertes similitudes genéticas es importante para todas las especies y brinda importantes oportunidades de tipo evolucionista, ecológico y conductual. Los organismos capaces de hacerlo, por ejemplo, gestionan mejor el territorio y se defienden de sus enemigos sin malgastar fuerzas combatiendo a sus familiares; pueden evitar reproducirse entre afines y, sobre todo, se benefician indirectamente del éxito de los individuos que poseen un patrimonio genético muy parecido al suyo.

Para entender a qué tipo de ventajas nos estamos refiriendo, debemos recordar que en la naturaleza el principal objetivo de la vida es la defensa del patrimonio genético, es decir, de uno mismo y de los individuos con los que se mantienen relaciones de consanguineidad: padres, hermanos e hijos. ¡Qué derroche de energía supondría competir con alguna de estas figuras! Es mucho mejor colaborar y aliarse con el fin de superar las adversidades y transmitir los genes a las generaciones siguientes. En este sentido, ser capaz de reconocer a la parentela resulta una gran ventaja, pero ¿estamos seguros de que las plantas desarrollan conductas distintas en función del grado de semejanza genética?

En el reino animal, este proceso de reconocimiento se vale de los sentidos de la vista, el oído, el olfato y en algunos casos incluso del gusto. En los vegetales, en cambio, tiene lugar mediante el intercambio de señales químicas emitidas por las raíces y,

probablemente, también por las hojas (si bien a este respecto la investigación todavía no ha dado resultados definitivos).

Las plantas, como ya hemos dicho, son sedentarias; resulta oportuno recordarlo, ya que ahí reside su principal diferencia con los animales. Puesto que no pueden abandonar el lugar donde nacen, es evidente que han tenido que evolucionar como organismos territoriales y que su grado de defensa del territorio es mayor del que se da en ningún animal. Las plantas son guerreras tenaces. Si lo pensamos un poco, veremos que es lógico. Cuando un animal lleva las de perder con otro, siempre puede desplazarse e irse a vivir a otro lugar. La planta no tiene esa posibilidad y debe resignarse a compartir los recursos del lugar donde se encuentra con otros seres vivos que residen en su mismo territorio, a veces a pocos centímetros de distancia. Pero esto no significa que acepte su presencia sin más; al contrario, implica que libra una lucha continua por su espacio vital, que debe defender de intrusos a toda costa.

Una planta preserva su territorio invirtiendo muchos de sus recursos en la parte subterránea. Mediante la producción de un gran número de raíces, la planta ocupa el suelo *manu militari* y, al mismo tiempo, reivindica su autoridad sobre el terreno. Pero no siempre: cuando las plantas forman parte de un mismo clan y por lo tanto están emparentadas, no hay necesidad de competir y las raíces pueden reducirse al mínimo en beneficio de la parte aérea.

En 2007, un sencillo pero importante estudio arrojó luz sobre este tipo de conductas de parentesco. El experimento consistía en plantar en una misma maceta treinta semillas hijas de la misma planta y, en otra maceta, idéntica a la primera, treinta semillas hijas de plantas distintas. La observación de la conducta exhibida por esos jóvenes ejemplares durante su crecimiento en ambas macetas permitió descubrir en los vegetales ciertos mecanismos evolutivos que se creían prerrogativa de los animales. Las plantas que eran hijas de madres distintas se comportaron como estaba previsto: desarrollando un número de raíces muy elevado con el fin de ocupar el territorio y asegurarse reservas alimentarias e hídricas en

perjuicio de las demás. Las treinta plantas de la misma madre, en cambio, pese a convivir en un mismo espacio limitado, produjeron un número de raíces muy inferior, privilegiando el crecimiento aéreo. En su caso, pues, se observó una actividad no competitiva vinculada a la semejanza genética. Se trata de un descubrimiento fundamental que destierra la tradicional convicción según la cual las plantas adoptan un mecanismo estereotipado y repetitivo (planta cercana = necesidad de defensa y lucha por el territorio) en favor de una valoración mucho más compleja que tenga en cuenta distintos factores, entre los cuales se encuentra la semejanza genética. Así pues, la planta, antes de atacar o defenderse, lleva a cabo un reconocimiento de su posible rival y, si identifica en él una afinidad de tipo genético, opta por colaborar en lugar de competir.

Egoísmo o altruismo: ¿cuál resulta más útil?

El debate sobre cuál es la conducta más beneficiosa en términos evolutivos, si la que podríamos calificar de «egoísta» o la «altruista», sigue abierto. Las simulaciones y los modelos son innumerables, pero nadie había pensado nunca que pudieran aplicarse también al mundo vegetal. Descubrir que las plantas adoptan comportamientos altruistas es una novedad excepcional, porque deja entrever dos posibilidades, ambas revolucionarias: o bien las plantas son organismos mucho más evolucionados de lo que creemos, y por eso son altruistas, o bien el altruismo y la colaboración son propios también de las formas de vida más primitivas, en las que siempre se había creído que imperaba la pura competencia y la ley del más fuerte. Sea como fuere, la comunicación entre plantas a través de las raíces tendría aquí un fin evolutivo muy concreto: distinguir a los parientes de los extraños y a los amigos de los enemigos.

Volviendo a las raíces (una parte dotada de cualidades muy especiales, como veremos en mayor profundidad en el próximo capítulo, véanse las pp. 114-125), éstas parecen poder comunicarse no sólo con las plantas, sino también con todos los organismos de la llamada «rizosfera» (del griego *rhíza*, «raíz», y *spháira*, «esfera»),

es decir, de la porción de terreno con la que están en contacto y que alberga muchas otras formas de vida. El suelo, contrariamente a lo que generalmente se ha creído, no es en absoluto un sustrato inerte, sino un medio vivo y densamente poblado. Microorganismos, bacterias, hongos e insectos forman un peculiar nicho ecológico que vive en equilibrio gracias a la comunicación y la colaboración con las plantas.

Un caso muy común es el de las micorrizas (del griego *mýkes*, «hongo», y *rhíza*, «raíz»), un tipo particular de simbiosis que se establece en el subsuelo entre la parte vegetativa de los hongos que habitualmente consumimos u observamos en los bosques y las raíces de muchas especies vegetales. En algunos casos, el hongo forma una especie de manguito en torno a la planta e incluso consigue penetrar en sus células. Este tipo de asociación simbiótica se denomina «mutualista», ya que resulta útil a ambos organismos vivos: el hongo aporta a la raíz elementos minerales como el fósforo (siempre difícil de encontrar en dosis adecuadas) y recibe a cambio una parte de los azúcares producidos por la planta mediante la fotosíntesis, que usa como fuente energética.

Aunque incluso una relación a primera vista tan conveniente puede deparar sorpresas desagradables. El problema es que no todos los hongos se mueven por propósitos pacíficos y de colaboración: algunos son patógenos y lo que buscan es atacar la raíz para alimentarse de ella y destruirla. Por lo tanto, la planta debe ser capaz de identificar qué tipo de hongo trata de ponerse en contacto con ella y comportarse de manera adecuada. Pero ¿cómo distinguir entre un hongo amigo y uno enemigo? El reconocimiento es fruto de un auténtico diálogo químico entre el hongo y la raíz, que intercambian señales continuamente para poder dilucidar sus mutuas intenciones. Si la planta se percata de que el hongo abriga fines belicosos, dará inicio a las hostilidades. Si por el contrario, tras las presentaciones oportunas, reconoce que se trata de un hongo micorrícico con buenas intenciones, dejará que se establezca una relación simbiótica útil para ambos.

Las bacterias como amigos

Otro ejemplo de simbiosis virtuosa basada en la comunicación vegetal es la que establecen las leguminosas con las azotobacterias, uno de los pocos microorganismos dotados de una cualidad extraordinariamente útil para los seres vivos: fijar el nitrógeno atmosférico, transformándolo en amonio mediante la escisión del estrecho vínculo establecido entre los dos átomos que componen las moléculas de nitrógeno gaseoso (N_2).

El nitrógeno es el elemento que más determina la fertilidad de un terreno (por eso muchos fertilizantes están hechos de compuestos nitrogenados), y aunque el aire que respiramos está compuesto en un 80 por ciento de nitrógeno gaseoso, este gas no puede ser aprovechado por las plantas ni por ningún otro ser viviente, a excepción de unos pocos microorganismos, como las azotobacterias. Dichas bacterias, decíamos, transforman el nitrógeno gaseoso en formas nitrogenadas, como el amonio, que pueden ser fácilmente asimiladas por las plantas. En otras palabras: fabrican abono de forma natural. Por su parte, las bacterias encuentran en el interior de las raíces un entorno abundante en azúcares ideal para su desarrollo: he aquí otra relación de satisfacción mutua basada una vez más en la comunicación y el reconocimiento. Y es que no todas las bacterias son del agrado de las plantas, al contrario, muchas de ellas son temibles patógenos contra los cuales las plantas erigen barreras infranqueables. Las azotobacterias, antes de ser acogidas, emprenden un largo y complejo diálogo químico con las raíces. Esta «conversación» empieza siempre con la emisión de una señal parecida a un santo y seña, conocida como «factor Nod» (abreviación de «factor de nodulación»), cuyo reconocimiento es el primer paso para que la planta dé luz verde a la entrada de la bacteria en la raíz.

Todos los ejemplos de simbiosis como el que acabamos de describir se basan en una estrecha comunicación entre los simbiontes (así se denomina a los integrantes de una simbiosis, en nuestro caso la bacteria y la leguminosa) y no podrían producirse si

entre los organismos vivos no existiera una larga tradición de colaboración. No se trata, en efecto, de fenómenos que atañen en exclusiva al mundo vegetal o a los organismos inferiores. Al contrario, algunas de estas simbiosis son tan estables e importantes que se hallan en la base de nuestra propia vida. Veamos un ejemplo: las mitocondrias son la central energética de nuestras células (o mejor dicho, de todas las células animales y vegetales). Su importancia es tal que las formas de vida superior no serían concebibles de no ser por estos orgánulos presentes en el interior de todas las células. Pues bien, según estudios recientes, también las mitocondrias derivan de una simbiosis, en este caso entre células y bacterias primordiales dotadas de un potente metabolismo oxidativo (es decir, capaz de producir energía). Bacterias y células habrían establecido una relación de simbiosis, con el consiguiente beneficio mutuo (las bacterias producen energía para la célula y, a cambio, obtienen todo cuanto necesitan para su supervivencia), y, en un momento dado, las bacterias habrían pasado a formar parte de las células mismas. Las pruebas que sostienen la teoría del origen simbiótico de las mitocondrias son numerosísimas: ante todo, las mitocondrias presentan muchas de las características típicas de las bacterias, entre ellas una membrana muy similar a la de éstas, un ADN autónomo circular de doble hélice y –la prueba más importante– un proceso de división autónomo, por escisión binaria, con respecto a la célula que las contiene. Algunas investigaciones han subrayado la importancia fundamental de estas ex células simbióticas para la evolución de la vida compleja.

Las simbiosis, pues, son básicas para todas las formas de vida presentes en el planeta y para nuestra propia existencia; si aprendiésemos a controlar algunas, los resultados podrían ser fascinantes. Pensemos en la asociación simbiótica entre plantas y azotobacterias: si lográramos trasladarla de las leguminosas (que incluyen, entre otros, la soja, los garbanzos, las lentejas, los guisantes y las judías) a todas las plantas cultivadas, podríamos cambiar para siempre el campo de la agricultura.

¿Os imagináis? Se acabaron los fertilizantes nitrogenados, la contaminación de la tierra, de las montañas, de los ríos y de los mares, se acabaron las algas en el Adriático; en su lugar, una mayor productividad de los cultivos y la posibilidad de erradicar el hambre en el mundo sin contaminarlo: un sueño en el que sería oportuno invertir para multiplicar los esfuerzos de los investigadores, entre otras cosas porque necesitamos que se realice lo antes posible si no queremos tener problemas en un breve plazo de tiempo.

Desde el final de la Segunda Guerra Mundial hasta hoy, la productividad de las plantas y los terrenos ha aumentado de manera constante, gracias sobre todo a la llamada «revolución verde» de los años sesenta.

Fue esta profunda renovación de la agricultura lo que, gracias al uso de fertilizantes químicos y a la creación de nuevas variedades vegetales más productivas y resistentes, permitió cultivar nuevas tierras y aumentar el rendimiento de las ya cultivadas, garantizando así un extraordinario crecimiento de la producción en los años venideros. Hoy en día, sin embargo, el rendimiento de las plantas ha interrumpido su tendencia positiva por primera vez en sesenta años. Los terrenos cultivables no sólo no aumentan, sino que incluso disminuyen a causa del cambio climático, mientras que la población mundial no deja de crecer.

¿Cómo nos alimentaremos? Encontrar el medio de propiciar una segunda «revolución verde» –un sistema que permita incrementar nuevamente la productividad de las plantas de manera sostenible– es una de las prioridades para los próximos decenios. Por eso la posibilidad de hacer extensiva a todas las plantas la simbiosis con las azotobacterias podría representar un hito crucial. ¡La comunicación vegetal nos ayudaría a erradicar el hambre en el mundo!

LA COMUNICACIÓN ENTRE PLANTAS Y ANIMALES

Correos y telecomunicaciones

En el mundo vegetal, la «comunicación interna», como la llamarían en el entorno empresarial, funciona de un modo realmente eficaz. Pero ¿cómo funciona la comunicación externa?

Como no pueden alejarse del lugar en el que nacen, las plantas necesitan ayuda para enviar y recibir mensajes del exterior, así como para distribuir pequeños objetos, como el polen o las semillas. Por eso han implantado una especie de sistema postal: en ocasiones se encomiendan al aire, otras al agua, pero sus principales mensajeros son los animales, sobre todo cuando se trata de encargos delicados como la defensa o la reproducción.

Por lo demás, ¿quién le confiaría un mensaje importante a una botella o a un avión de papel? Mucho mejor utilizar un animal (pensemos, por ejemplo, en las palomas mensajeras que durante siglos el hombre ha utilizado para ese fin) para que custodie nuestro mensaje y se lo entregue al destinatario. Claro que ¿cómo se las arreglan las plantas para convencer a los insectos y demás animales para que sean su Pony Express?

En la sección dedicada a las «Plantas honestas y deshonestas» (véase p. 96), hablaremos extensamente de los tipos de apareamiento de los vegetales y de los sistemas que utilizan para persuadir a los animales para que los ayuden. Ocupémonos ahora de otras situaciones en las que las plantas recurren a su ayuda y comencemos por la más frecuente de todas: la defensa.

¡Socorro! ¡Refuerzos! (Sistemas de defensa vegetal basados en la comunicación)

Imaginemos que un insecto se posa sobre la hoja de una planta y empieza a comérsela. La planta, al darse cuenta del ataque, enseguida pondrá en marcha una estrategia de defensa. Lo primero que hará será identificar al insecto agresor: sólo así –es decir, averiguando de quién procede el ataque– podrá defenderse de la manera adecuada.

Por lo común, los vegetales emplean armas de tipo químico y son capaces de producir sustancias especiales que hacen que la hoja sea poco apetitosa, indigerible o incluso venenosa para el herbívoro. Para no derrochar energía, la producción de estas sustancias «disuasorias» tiene lugar exclusivamente en el interior de la hoja atacada y las adyacentes, con la esperanza de que ese primer movimiento de disuasión sea suficiente para hacer desistir al insecto. ¿Para qué derrochar energías movilizando todos los recursos de la planta si se puede encontrar una solución local?

Todas las decisiones de los vegetales se basan en un cálculo del siguiente tipo: ¿cuál es la cantidad mínima, pero suficiente, de recursos que debe emplearse para resolver este problema? Y efectivamente, el cálculo y la estrategia vinculada a éste suelen tener éxito: en el caso que nos ocupa, el insecto probará una hoja o dos y después, repelido por el nuevo sabor, abandonará la planta para trasladarse a otra cercana. ¡Victoria!

La planta reparará sin problemas los daños sufridos haciendo que broten nuevas hojas y no se resentirá demasiado de la pérdida: como bien sabemos, su organismo está constituido de tal forma que la desaparición de una parte, por importante que sea, no pone en peligro su funcionamiento ni su supervivencia. En el ejemplo que acabamos de ver, la reacción a la agresión ha sido comedida, casi podríamos decir benévola.

Pero si el insecto siguiera alimentándose de las hojas aun a pesar de su mal sabor, o si llegara acompañado, la planta se vería obligada a emplear estrategias más eficaces: en algunos casos empezará a producir sustancias químicas «disuasorias» en todas las hojas, lo que –mediante señales químicas volátiles liberadas a la atmósfera– pondrá en alerta a las plantas circundantes para que hagan lo mismo. En otros casos, optará por pedir refuerzos.

Los enemigos de mis enemigos son mis amigos

Todos los días desde hace cuatrocientos millones de años, la Tierra asiste a la batalla por la supervivencia entre los organismos

herbívoros y las plantas. El grupo de herbívoros más importante lo constituyen sin duda los insectos, que encuentran en los vegetales una enorme variedad de hábitats y nichos ecológicos, además, por supuesto de una abundante cantidad de alimento. Este conflicto infinito equivale a un extraordinario acicate selectivo que modela la evolución tanto de las plantas como de los insectos y regula su distribución en el especio y el tiempo.

Para hacer frente a los ataques y los daños sufridos, los vegetales han desarrollado toda una serie de estrategias de defensa; los insectos, por su parte, no se han quedado cruzados de brazos, sino que han ideado planes de ataque nuevos y cada vez más eficaces: una especie de continua carrera armamentística, resultado de la evolución de las plantas y los herbívoros, enemigos naturales que a fuerza de enfrentarse han aprendido a conocerse muy bien.

¿Nunca habéis visto, quizá en una bolsa de lechuga, una etiqueta en la que pone: «Producto de lucha integrada»? Esta etiqueta indica que los agricultores han cultivado esa verdura reduciendo el uso de fitofármacos y apostando por introducir en los campos a los enemigos naturales de los insectos que normalmente atacan a la lechuga. En lugar de rociar las hortalizas con abundantes dosis de productos antiparasitarios, los cultivadores recurren a los enemigos de los insectos que se alimentan de ellas, con la intención de que los hagan desaparecer o, cuando menos, los mantengan ocupados y a raya de las plantas. Se trata de una técnica muy ingeniosa, aunque difícil de controlar debido a la necesidad de mantener siempre en equilibrio las poblaciones de insectos presentes. Su funcionamiento podría resumirse con la siguiente máxima: «Los enemigos de mis enemigos son mis amigos». Muchas plantas utilizan esta misma estrategia para defenderse: piden ayuda a los enemigos de sus enemigos atrayéndolos gracias a la producción de sustancias químicas volátiles y recompensándolos seguidamente por la ayuda prestada.

Un comportamiento que permite obtener resultados óptimos sin que se produzca un dispendio de energía.

Pongamos un ejemplo. Cuando la judía de Lima (*Phaseolus lunatus*) se ve atacada por ciertos ácaros especialmente voraces (*Tetranychus urticae*), emite una mezcla de sustancias químicas volátiles que sirve para atraer a un ácaro carnívoro (*Phytoseiulus persimilis*). Este último es un depredador especializado en atacar a los ácaros «vegetarianos» y es capaz de exterminar una población entera en breve tiempo: otro maravilloso caso de colaboración entre especies animales y vegetales, basado en la aún más increíble capacidad de la judía de Lima para reconocer a su agresor y llamar a su enemigo biológico para librarse de él.

¿Cuántos animales son capaces de poner en práctica estrategias tan evolucionadas? Muchísimas especies vegetales, entre ellas el maíz, el tomate y el tabaco –por citar sólo unas pocas–, lo son.

El caso del maíz

Hemos visto cómo se comporta una planta cuando sus hojas son agredidas por un herbívoro. Pero ¿qué ocurre cuando el ataque no va dirigido contra las hojas, sino contra las raíces?

Un ejemplo representativo es el del maíz, que en Estados Unidos se ha visto diezmado durante años (ocasionando pérdidas valoradas en cientos de millones de dólares) por la *Diabrotica virgifera*, un insecto que deposita sus larvas cerca de las raíces, matando a las plantas jóvenes que no pueden defenderse. Dicho así, no parece que el maíz sea un campeón de la defensa vegetal. Pero es que no es culpa suya.

Las variedades antiguas de maíz europeo y maíz selvático –ambas muy distintas del que cultivamos hoy en día, fruto de un largo proceso de selección– eran perfectamente capaces de defenderse de la *Diabrotica virgifera*. Hemos sido nosotros quienes –a través de un proceso de selección de nuevas variedades destinado a obtener plantas muy productivas y con mazorcas de gran tamaño– hemos

seleccionado sin saberlo unas plantas que no eran capaces defenderse por sí solas. Cuando la *Diabrotica virgifera* depositaba sus larvas cerca de las raíces, las antiguas variedades de maíz producían una sustancia llamada «cariofilina», cuya única función era la de atraer a unos gusanos (nematodos) que se alimentaban de las larvas y libraban al maíz de su parásito.

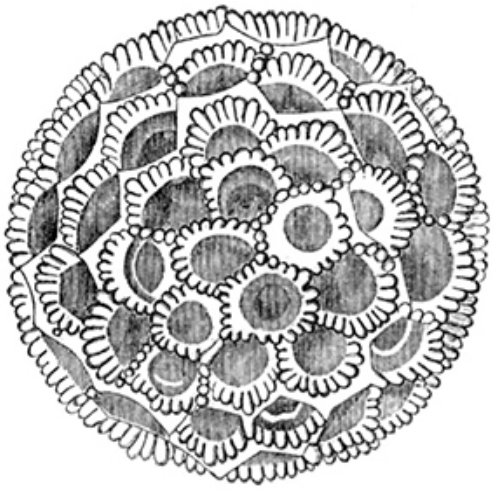
Este error involuntario, que ha desembocado en la selección de variedades de maíz indefensas, nos ha costado muy caro: se estima que, a escala mundial, las pérdidas debidas a este insecto ascienden a unos mil millones de dólares anuales. Durante décadas, la *Diabrotica virgifera* ha sido uno de los enemigos más temibles del maíz y para combatirla se han gastado cifras enormes y se han esparcido toneladas de insecticidas. Ha sido necesario recurrir a la ingeniería genética para que el maíz recupere su antigua capacidad: hoy, las variedades modernas vuelven a disponer del gen que les permite producir la cariofilina gracias al orégano. Es decir, para devolverle al maíz una característica innata hemos tenido que crear una planta transgénica.

El sexo en las plantas

Uno de los momentos en que la planta tiene mayor necesidad de comunicarse, sobre todo con los animales, es durante la polinización. Este período, que podríamos equiparar al del celo en el mundo animal, es una fase crucial en la vida de las plantas; de hecho, de ella depende la posibilidad de que se reproduzcan con éxito. Obviamente, cada planta es distinta, pero existen ciertos patrones básicos que se repiten en la mayor parte de las especies, de los geranios a las encinas. Muchas, por ejemplo, necesitan enviar su polen (el equivalente vegetal del semen masculino) de una flor a otra para que la fecundación tenga lugar. Pero antes de adentrarnos en los misterios de la comunicación entre plantas y animales, demos un paso atrás para ver cómo funciona la reproducción vegetal. En primer lugar, distinguiremos las plantas

autógamas (del griego *autós*, «uno mismo», y *gámos*, «unión sexual») de las alógamas (del *álios*, «otro», y *gámos*).

Las primeras aplican una solución «autárquica»: se polinizan a sí mismas mediante el simple paso del polen desde el estambre (el órgano reproductor masculino) al pistilo (el órgano reproductor femenino) de la misma flor. Las plantas alógamas, en cambio, deben enviar el polen desde la antera (la parte terminal del órgano masculino que contiene los gránulos de polen) de una flor al estigma (la parte del órgano femenino que recibe el polen) de una flor perteneciente a otro individuo de la misma especie, es decir, practican lo que se denomina «polinización cruzada».



Gránulo de polen: en la reproducción vegetal, estos gránulos representan el gametófito masculino (semen masculino).

Otra diferencia entre plantas tiene que ver con la localización de los órganos sexuales. En este sentido, podemos dividirlas en tres grandes categorías: hermafroditas, dioicas y monoicas. La primera, con mucho la más común, es la de las hermafroditas, que poseen flores dotadas de órganos tanto masculinos como femeninos. En estas plantas, en teoría, cada flor puede fecundarse a sí misma, puesto que posee ambos aparatos reproductores. Así pues, según la definición anterior, son autógamas. La autofecundación es una estrategia cómoda, de aquí que la practiquen numerosas plantas,

sobre todo las gramíneas (como el trigo o el arroz). Éstas, junto con algunas especies de orquídeas, violas y plantas carnívoras son, además, cleistógamas (del *kleistós*, «cerrado», y *gámos*), es decir, se autopolinizan incluso antes de que la flor se haya abierto.



Localización de los órganos sexuales en las plantas: las flores hermafroditas, como el lirio (arriba, a la izquierda), poseen órganos masculinos y femeninos; las especies monoicas, como la encina (arriba, a la derecha y en el centro), reúnen órganos distintos en una misma planta; en las especies dioicas, como el cáñamo (abajo), las flores masculinas y femeninas se encuentran en plantas distintas.

Aunque en teoría sea posible en todas las especies con flores hermafroditas, la autopolinización es, en la práctica, poco frecuente, ya que existen una serie de barreras físicas y químicas que la impiden. ¿Por qué, si acabamos de destacar que se trata de una práctica muy conveniente para la planta?

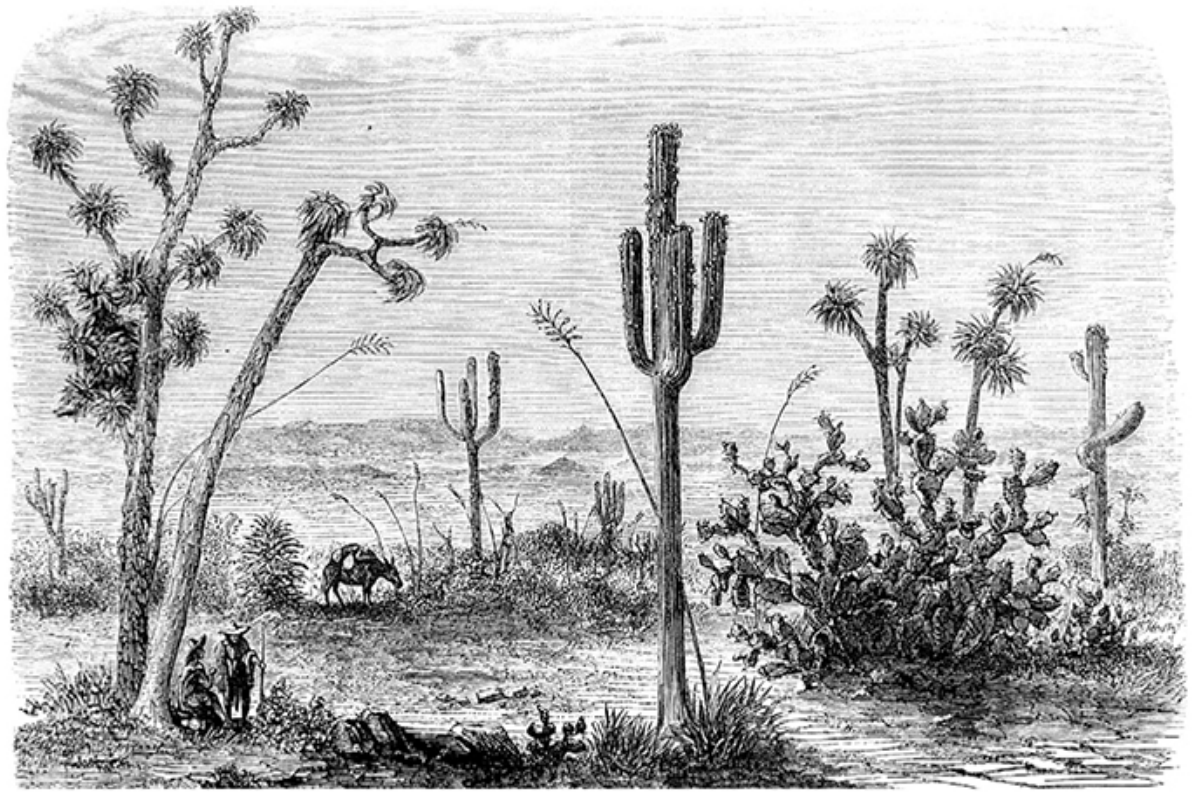
El motivo se intuye fácilmente si tenemos en cuenta que la autopolinización es el correlato vegetal de la procreación entre consanguíneos o parientes próximos en el mundo animal: se trata de un tipo de reproducción poco recomendable porque limita la aparición de nuevas combinaciones genéticas. Por ello las plantas han desarrollado una serie de mecanismos destinados a evitar la autopolinización, como, por ejemplo, que el aparato masculino y femenino de un mismo individuo maduren en momentos distintos.

Otra categoría de plantas es la que constituyen las especies dioicas (de *dís*, «dos veces», y *oikía*, «casa»), en las que cada individuo posee un sexo distinto con flores unisexuales, por lo que de cada planta hay ejemplares «masculinos» y ejemplares «femeninos». A esta categoría pertenece el *Ginko biloba*, un árbol muy antiguo que puede considerarse una especie de fósil viviente, pero también el laurel, el rusco, el tejo, la ortiga, el acebo y el cáñamo.

Existe, por último, una tercera categoría, la de las plantas monoicas (de *mónos*, «uno», y *oikía*), como la encina o el castaño, en las que un mismo individuo alberga flores masculinas y femeninas separadas entre sí.

Sea cual sea su categoría, durante la floración todas las plantas comparten una misma necesidad, que es la de poder contar con vectores fiables que transporten el polen de una flor hasta el pistilo de otra. Cada especie logra su objetivo a su manera: algunas confían en un vector físico –el viento–, otras se sirven de los animales. Las primeras (llamadas «anemófilas», del griego *ánemos*, «viento», y *phílos*, «amigo»), si bien por un lado no tienen que enfrentarse al problema de atraer a los animales y tratar con ellos, por otro tienen que resolver las dificultades que se derivan de la

elección de un vector muy poco selectivo: una vez ha alzado el vuelo, el polen puede depositarse sobre una planta o sobre un coche, en el suelo o en cualquier otro sitio. Por eso, para asegurarse de que el envío llega a buen puerto, producen un gran número de flores que liberan cantidades ingentes de polen (causa, entre otras cosas, de muchas alergias primaverales). En términos energéticos, como es fácil imaginar, se trata de un sistema poco eficiente, utilizado principalmente por especies antiguas, como las gimnospermas (se las llama así porque las semillas no están protegidas por ovarios, del griego *gumnós*, «desnudo», y *sperma*), pero también muchas angiospermas, más recientes, como el olivo. Sin embargo, la mayor parte de las plantas más modernas recurren al vector animal, mucho más certero en sus operaciones de recogida y entrega de polen.



Los cactus son plantas adaptadas a climas calurosos y áridos. Para sobrevivir, sus flores sólo se abren de noche; para polinizarse, muchos cactus utilizan como vector a los murciélagos.

Los animales más usados como vectores son los insectos, valiosísimos ayudantes encargados de la llamada «polinización entomófila» (de *éntomon*, «insecto», y *phílos*). Pero no hay que pensar que las plantas sólo se sirven de ellos para llevar a cabo este delicado transporte. Existe también la polinización «zoógama», en la que los vectores pueden ser animales (en griego, *zóa*) de distinto tipo; la polinización «ornitógama», en la que el vector polinizador son los aves (en griego, *ornítes*), como el colibrí o el papagallo, y la polinización «quiropterógama», en la que los vectores son… los murciélagos (en griego, *cheiropterói*). ¿Sorprendidos de encontrar a los murciélagos entre los polinizadores? Estos mamíferos son los encargados de transportar el polen de muchos cactus de los desiertos americanos, como el famoso Joshua Tree. Recientemente, se han identificado en la *Marcgravia evenia*, una liana originaria de Cuba, unas hojas circulares con forma de antena parabólica cuya única función parece ser la de señalar la presencia de flores al sónar de los murciélagos. Puede parecer extraño, pero, ya que la planta ha decidido elegir como polinizador a un animal que carece de buena vista, ¿por qué no ayudarlo a que llegue hasta sus flores?

Otras formas de polinización zoógama se sirven de reptiles (varias *Pandanus*, por ejemplo, utilizan a una especie de salamanquesa), marsupiales e incluso de primates: las plantas han enrolado en sus filas de transportadores de polen a animales de todo tipo.

El mercado más grande del mundo

Tratemos de pensar en la polinización como si fuera un gran mercado. Por extraño que pueda parecer, no deja de ser un término de comparación adecuado, ya que en él intervienen adquirientes (los insectos), mercancías (el polen y el néctar), vendedores (las plantas) e incluso mensajes publicitarios (el color y el aroma de las flores).

En el mundo vegetal, como en el animal, nadie hace nada por nada, de suerte que también en el gran «mercado» de la polinización tiene lugar una auténtica labor comercial: productos por servicios y viceversa. Quien se lleva una mercancía o solicita un servicio, los paga. Los insectos pagan con su trabajo. Las plantas, en cambio, tienen una moneda única: el néctar, una sustancia azucarada y de elevado contenido energético muy preciada por los animales. A estas alturas parece seguro que las plantas producen el néctar con un único objetivo: utilizarlo como moneda de cambio con la que pagar el transporte de las mercancías.

Generalizando un poco, el animal, sea cual sea (una lagartija, un murciélago o una abeja), llega a la flor para comer o recoger néctar, y al hacerlo se carga del polen que transportará hasta la siguiente flor. Obviamente, no todas las flores sirven: debe ser una de la misma especie de la cual procede el polen. Del mismo modo que un ratón no puede cruzarse con un hipopótamo, tampoco se puede cruzar un melón con una violeta. Así pues, si el polen se transportara entre dos plantas distintas, se malgastaría; pero entonces ¿cómo convencer al animal para que visite otras flores de la misma especie de la cual procede el polen? ¿Qué lo induce a ser fiel a la especie? Es un misterio. De hecho, le sería mucho más cómodo tomar el néctar en el primer lugar que encuentre y visitar tan sólo las plantas más cercanas, independientemente de la especie a la que pertenezcan. Sin embargo, los insectos son fieles durante todo el día a la primera especie que visitan por la mañana. Para describir este comportamiento tan extraño, que es el factor del que depende la polinización y, por lo tanto, la reproducción de las plantas, los entomólogos han acuñado la expresión «fidelidad libadora» (llamamos «libar» al hecho de sorber los insectos el néctar de las flores). El fenómeno ha sido hasta el momento subestimado por los investigadores, que no han acertado a formular ninguna hipótesis convincente al respecto. Botánicos y entomólogos saben muy bien que una abeja se mantendrá fiel durante toda la jornada a las flores de la primera especie que haya visitado por la mañana,

pero, por increíble que parezca, no dan para ello ninguna explicación plausible: las teorías con las que contamos son pocas y deficientes, y en general tratan de demostrar que la fidelidad es para el insecto una cuestión práctica. Sin embargo, con las pruebas en la mano, vemos que se trata de un comportamiento que de práctico no tiene nada.

Si observamos el problema desde el punto de vista de la planta, veremos que esa fidelidad adquiere una importancia determinante. De hecho, la planta no tendría ningún interés en producir néctar si su polen tuviese que dispersarse.

Esta sencilla consideración parece indicar que es la planta la que solicita, y obtiene, de los insectos esa «fidelidad libadora». Sin embargo, todavía está por descubrir cómo lo logra.

Plantas honestas y deshonestas

Misterios aparte, el de la polinización parece a primera vista un negocio honesto y transparente: quien transporta el polen recibe su pago en néctar. Aunque siempre hay algo que puede salir mal. En todos los mercados hay comerciantes honestos y deshonestos; algunos le aconsejan lo mejor al comprador, mientras que otros lo engatusan. Lo mismo ocurre con las plantas: algunas profesan una lealtad inquebrantable, mientras que otras, para lograr sus fines, se disfrazan, estafan e incluso apresan a los insectos que las ayudan. Algunas no se detienen ante nada con tal de obtener lo que necesitan.

Empecemos por el altramuz. Esta leguminosa produce multitud de pequeñas flores, pero tiene un problema: debe evitar que las abejas visiten la misma flor más de una vez. Y es que si la primera vez el hacendoso himenóptero cumple bien su función, absorbiendo el néctar y rebozándose del polen que más tarde transportará a otra flor, resultaría innecesario que esa misma abeja u otra realizasen una segunda visita, puesto que ya no habría polen ni néctar que sorber. Para obviar este inconveniente –que sobre todo podría suponer que algunas flores se quedasen sin polinizador–, el

altramuz adopta una estrategia honesta y muy eficaz: modifica el color de los pétalos de las flores que ya han sido visitadas (y que por lo tanto se han quedado sin polen y sin néctar), tiñéndolos de azul. De este modo, advierte a los insectos de que ya no queda néctar disponible y de que es mejor dirigirse a otra flor. Se trata de una estrategia muy correcta con respecto al polinizador y, al mismo tiempo, muy funcional para la planta, que así se asegura una mejor polinización.

Pero ya hemos dicho que no todas las plantas son iguales. Así, mientras que el altramuz hace gala de una honestidad ejemplar para con sus socios animales, otros vegetales emplean con igual éxito estratagemas de distinto tipo. El caso más conocido es el de las orquídeas: según algunos cálculos, una tercera parte de las especies existentes, para asegurarse una polinización eficaz, echan mano de estrategias que, si tuviéramos que definirlas en términos humanos, podríamos calificar de profundamente deshonestas. Ellas también se sirven de los insectos, pero engañándolos y obligándolos a transportar el polen sin que reciban nada a cambio. Prescindiendo de que sea o no lícito (¡que no lo es!) hablar de honestidad y deshonestidad con respecto a la naturaleza, resulta interesante ver cómo las orquídeas engañan a los insectos. Estas plantas se cuentan entre los organismos con una mayor capacidad mimética del mundo. Normalmente, cuando hablamos de mímesis, pensamos en animales como el camaleón o el insecto palo. Sin embargo, sus capacidades miméticas no son nada en comparación con lo que es capaz de hacer una orquídea como la *Ophrys apifera*.

Sus flores pueden imitar a la perfección la forma de la hembra de algunos himenópteros no sociales (similares a las abejas o las avispas, pero que no viven en comunidad). No sólo eso: además de la forma, la orquídea imita la consistencia de los tejidos, la superficie (incluida la pequeña pelusa presente en el cuerpo) y, por supuesto, también el olor, mediante la secreción de unas feromonas idénticas a las que producen las hembras cuando están listas para el apareamiento. La planta, pues, lleva a cabo una triple mímesis:

reproduce la forma y los colores del cuerpo de la hembra (engañando a la vista), la superficie pelosa (engañando al tacto) y su olor característico (engañando al olfato). La similitud es tan perfecta que el insecto masculino no puede sino caer en el error. Los destinatarios de la trampa quedan conquistados sin remedio por estas seductoras flores y acaban copulando con ellas.

El engaño es tan realista que supera la realidad, hasta el punto de que los himenópteros, durante el período de floración de las orquídeas, prefieren aparearse con las flores que con las hembras. Entonces, mientras el insecto está apareándose con la que él cree que es una hembra de su especie, se dispara un mecanismo que le recubre la cabeza de polen, de cuyos gránulos el fornicador no podrá deshacerse por un tiempo y se verá obligado a llevar consigo cuando visite (y polinice) la flor siguiente. En esta relación parece perfectamente claro quién, entre la planta y el insecto, ocupa una posición de dominio con respecto al otro.

Pecunia non olet *(¿o sí?)*

Las orquídeas han perfeccionado la técnica del engaño hasta convertirse en refinadas «damas del fraude», pero existen otras muchas especies que, sin llegar a su nivel de perfección, practican el arte de la añagaza con los pobres insectos. Es el caso del *Arum palestinum* (comúnmente llamada cala negra), el hermano de Oriente Próximo del *Arum italicum*, que en nuestras latitudes crece junto a caminos y arroyos. Esta planta utiliza como insecto polinizador a las moscas del género *Drosophila* –como las moscas del vinagre– a las que engaña de un modo francamente curioso. Para atraerlas, la cala negra produce un aroma irresistible para el insecto: el de la fruta en fermentación. Cautivada por esa fragancia, la mosca se introduce alegremente en la inflorescencia, que se cierra a su paso y la apresa, por lo común durante toda una noche.

Durante esas horas de cautiverio, la mosca trata en vano de escaparse y para ello vuela, camina y gira sobre sí misma, embadurnándose de polen. Cuando la inflorescencia se abre, el

insecto puede escapar por fin, pero generalmente no llega muy lejos. Atraído de nuevo por el olor irresistible de la fruta en fermentación, nuestro héroe no tarda en introducirse en otra flor de cala negra, la cual, tras apresarlo de nuevo, utilizará el polen que recubre a la mosca para polinizarse.

De este modo, la cala negra obtiene lo que desea (ser polinizada) mediante el engaño: la mosca cumple su misión de transportadora, pero sin recibir nada en pago. Existen muchísimos casos parecidos basados en la atracción olfativa de los insectos.

Un caso curioso, que con razón podemos definir como macroscópico, es el del aro gigante (*Amorphophallus titanum*), la planta que produce la flor más grande del mundo. Esta auténtica superestrella de la botánica, cuyo florecimiento atrae a multitud de curiosos todos los años a los jardines botánicos, ha elegido a un polinizador eficaz pero poco agradable: la moscarda de la carne. Y para atraerla, reproduce perfectamente el olor que a ésta le resulta más grato, es decir, el de los cadáveres en descomposición.

Las plantas poseen una gran capacidad manipuladora, ¿cómo dudarlo a estas alturas? Pero ahora tratemos por un instante de ponernos en su piel y planteémonos una pregunta incómoda y acaso molesta: ¿cuál entre todos los animales es el vector más eficaz para una planta? Sin duda el ser humano, que garantiza la reproducción, la supervivencia y la difusión de ciertas especies vegetales en detrimento de otras.

Desde el punto de vista de las plantas, podría valer la pena trabar amistad con este extraño bípedo para beneficiarse de sus servicios. Así pues, ¿cómo descartar que hayan usado su habilidad manipuladora también con nosotros, creando flores, frutos, olores, sabores, aromas y colores agradables a nuestra especie? Quizá las plantas los producen sólo porque agradan al ser humano, que a cambio las propaga por el mundo, las cura y las defiende. Cuando pensemos en todo lo que las plantas nos dan –del perfume a las maravillosas y variopintas formas que han inspirado a tantos artistas– no nos sorprendamos demasiado de la suerte que

tenemos: nadie hace nada a cambio de nada, y nosotros, por lo menos para algunas especies, somos el mejor aliado que tienen en el planeta…

Un «servicio postal» muy peculiar

A propósito de la capacidad de las plantas para comunicarse con los animales, todavía son muchos los ejemplos que podríamos citar sin salirnos del ámbito de la reproducción vegetal y, en concreto, del transporte de semillas. Su formación y posterior difusión representan el pilar básico de la reproducción vegetal. Para las plantas, dispersar las semillas con éxito por el entorno (las semillas, recordémoslo, contienen el embrión del nuevo ejemplar) es vital por al menos dos buenos motivos: el primero –expandirse por un territorio lo más amplio posible– es un principio fundamental de la vida para cualquier especie; el segundo –difundir las semillas lejos de la planta madre– impide que la planta tenga que compartir recursos en un territorio restringido, que en breve tiempo podría agotar sus recursos nutritivos y, por lo tanto, ser incapaz de garantizar la subsistencia de la progenie. Por todo ello, los vegetales han desarrollado multitud de estrategias de difusión de semillas, que varían de una especie a otra. Pensemos, por ejemplo, en las plantas que las confían al viento, como el famoso diente de león (*Taraxacum officinale*), con el que tantas veces nos hemos divertido despojándolo de sus semillas soplando: se trata de una extraordinaria obra de ingeniería, pues está construido de tal manera que sus minúsculas semillas puedan salir volando al menor soplo de viento y viajar hasta distancias incluso de varios kilómetros. Otra planta anemófila es el tilo, cuyas semillas, gracias a un ala llamada bráctea, pueden volar largas distancias sostenidas tan sólo por una ligera brisa. Pero lo que ahora nos interesa es hablar de las plantas que para difundir sus semillas se sirven de los animales. Las especies que mantienen relaciones «comerciales» con el mundo vegetal son muy numerosas, de las aves a los peces, de los ratones

a las hormigas, pasando por multitud de mamíferos, algunos de grandes dimensiones.

Para entender cómo funciona esta comunicación, lo primero que tenemos que hacer es hablar de los frutos. Ellos son el instrumento que utilizan las plantas para convencer a los animales para que transporten sus semillas, como el néctar en el caso de la polinización. Ya sean manzanas o cocos, cerezas o albaricoques, la sabrosa pulpa azucarada de los frutos cumple dos fines fundamentales: proteger la semilla hasta su maduración completa y servir como recompensa para los Pony Express que se encargan de su transporte.

Los frutos: «paquetes regalo» para los mensajeros

Todos los frutos, no sólo los que consideramos comestibles, se forman con el objeto de custodiar las semillas y, generalmente, también de servir como reclamo para los animales. Comerse un fruto supone, en la mayor parte de los casos, tragarse también la semilla y transportarla lejos de la planta que la ha generado antes de expulsarla. Se trata de uno de los métodos más eficaces para garantizar la difusión de las semillas.

En países de clima templado, como los de la cuenca mediterránea, pero también en los de clima tropical, uno de los vectores más comunes son las aves. Para entender cómo funciona este tipo de comunicación entre plantas y animales, fijémonos en el ejemplo del cerezo. Durante la época de polinización, este árbol produce unas flores de un hermoso color blanco que parece hecho a propósito –¡y de hecho es así!– para atraer a las abejas, que pueden distinguirlo fácilmente y por lo tanto llegar sin problemas hasta las flores. Sin embargo, las abejas no ven el color rojo, por lo tanto no es por ellas que los frutos (las cerezas) adquieren dicho color, sino para atraer a otros animales: las aves. El rojo destaca entre las hojas y se ve incluso a grandes distancias, por lo que las aves lo perciben aunque estén volando.



Ejemplos de plantas anemófilas, caracterizadas por tener «semillas voladoras»: para diseminarse de la manera más eficaz posible, los vegetales que utilizan el viento como vector han desarrollado semillas dotadas de unos peculiares sistemas de vuelo. Los que presentamos aquí son los siguientes: el sistema de vuelo en paracaídas – típico del diente de león (arriba) – , el vuelo con ala – característico del arce (abajo, a la izquierda) – y el vuelo con bráctea simple, distintiva del tilo (abajo, a la derecha).

Atraídos por ese color alusivo, los plumados identifican el fruto y se comen la cereza, semilla incluida. Luego saldrán volando y, en un momento dado, en otro lugar, depositarán las semillas mezcladas con sus heces (un excelente fertilizante): un sistema de transporte muy eficaz y cómodo tanto para el vegetal, que envía su semilla lejos de la planta madre, como para el ave, que se alimenta. ¡Pero, cuidado! La cereza sólo se volverá de color rojo cuando la semilla esté madura; hasta entonces, será poco menos que invisible para las aves gracias al color verde, que la camuflará entre las hojas.

Todas las plantas tienden a proteger sus frutos hasta que éstos alcanzan el punto de maduración. De hecho, los frutos inmaduros son ricos en sustancias tóxicas, astringentes o en cualquier caso desagradables, y gracias a ellas la planta se defiende de los depredadores antes de que las semillas estén a punto. En ocasiones, para obtener este resultado, la planta se ve obligada a utilizar moléculas con un grado de toxicidad muy elevado. Es el caso del akí (*Blighia sapida*), una planta selvática de origen africano que crece en el Caribe. Esta planta produce unos frutos que cuando están completamente maduros son deliciosos y se consumen en muchos lugares de Centroamérica. Pero hay que asegurarse de que estén maduros; cuando no lo están, contienen elevadas cantidades de hipoglicina, una sustancia que al ingerirla provoca graves intoxicaciones, con síntomas típicos de la hipoglucemia: coma, convulsiones, delirios, hepatitis tóxica, deshidratación aguda y estado de *shock*. Su ingesta en estado inmaduro provoca una media de unas veinte muertes al año.

Por supuesto, las aves no son los únicos animales que las plantas utilizan como vectores. Otro grupo importante es el de los monos frugívoros (es decir, que comen frutos), que constituyen un importante recurso para la dispersión de las semillas. También existen «vectores» más inusuales. En la Amazonia, el *Colossoma macropomum*, un gran pez de agua dulce, realiza una función extraordinaria en este sentido. Durante el período lluvioso, cuando los ríos rebosan y se forman más de 250.000 km^2 de aguas

pantanosas, el *Colossoma* ingiere los frutos de numerosas plantas y transporta las semillas consigo a centenares de kilómetros de distancia: una estrategia de dispersión interesante que no ha sido descubierta hasta fecha reciente.

Y después están las hormigas. Entre los alimentos de estos insectos se cuentan también pequeños frutos que no consumen al momento, sino que los transportan al hormiguero, donde los guardan en una «despensa» para nutrirse de ellos más tarde. Se trata de una costumbre muy del agrado de determinadas plantas, que con ello ven satisfechas dos necesidades al mismo tiempo: las semillas no sólo son transportadas lejos de la planta madre, sino que se depositan directamente bajo tierra, en un lugar ideal para su futura germinación. Así pues, la ayuda de las hormigas tiene un gran valor y no es difícil encontrar algunos vegetales que, para asegurarse sus servicios, producen unas semillas especiales, cubiertas con una bolita de grasa llamada eleosoma (del griego *élaion*, «grasa», y *sóma*, «cuerpo»), una estructura muy energética, casi completamente oleosa, que hace las delicias de las hormigas. Parece un intercambio sencillo y, a la vez, muy beneficioso también para la planta: la hormiga se hace con la semilla, la transporta al hormiguero, se come el eleosoma y deja el resto ahí, en una zona húmeda, a cubierto y rica en fertilizantes, ideal para la germinación de la semilla.

Las hormigas figuran entre los socios más formidables de las plantas: los sistemas de comunicación y ayuda mutua entre estos himenópteros y los vegetales siguen fascinando a los estudiosos. Un descubrimiento bastante reciente ha sacado a la luz los servicios que prestan las *Camponotus* (un género de hormigas encargadas de la defensa de algunas plantas, con las cuales parecen mantener una relación especialmente estrecha) a ciertas especies carnívoras, en especial las *Nepenthes*. Ya nos hemos ocupado de estas plantas y de las resbaladizas paredes de sus temibles trampas en forma de bolsa, que impiden que sus víctimas puedan escapar (véase p. 56).

Las *Nepenthes* cazan a los animales produciendo néctar en torno a la bolsa y atrayéndolos a su interior. Pero para que la trampa funcione, es preciso que las paredes de la bolsa estén siempre limpias, con el fin de que sean lo más resbaladizas posible: si se acumulasen detritos o polvo, los animales encontrarían puntos de apoyo para ponerse a salvo. De aquí la importancia de la alianza con las hormigas *Camponotus*, que a cambio de un poco de néctar se prestan de buen grado a mantener limpias las paredes de la trampa. Por lo visto, incluso las «máquinas de matar» más temibles del mundo vegetal necesitan amigos.

Sobre el problema de la abertura y el cierre de los estomas, véase:

D. PEAK, *et al.*, «Evidence for Complex, Collective Dynamics and Emergent, Distributed Computation in Plants», *PNAS* (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*), vol. 101, n.º 4 (2004), pp. 918-922.

A propósito de la comunicación entre plantas, con especial atención a la capacidad de las raíces para distinguir a parientes y extraños y la conducta consiguiente de la planta, véanse:

S. DUDLEY y A. L. FILE, «Kin Recognition in an Annual Plant», *Biology Letters*, n.º3 (2007), pp. 435-438.
R. M. CALLAWAY y B. E. MAHALL, «Family Roots», *Nature*, n.º 448 (2007), pp. 145-147.

Por lo que respecta a la «timidez de las copas», así como para una visión de las plantas moderna y libre de prejuicios, léase el libro, fundamental, de F. Hallé, *Plaidoyer pour l'arbre*, Arlés, Actes Sud, 2005.

Del origen simbiótico de las mitocondrias y su importancia para la evolución de la vida superior se habla en los siguientes artículos:

N. LANE y W. MARTIN, «The Energetics of Genome Complexity», *Nature*, n.º 467 (2010), pp. 929-934.

J. CAMERON THRASH, *et al.*, «Phylogenomic Evidence for a Common Ancestor of Mitochondria and the SAR11 Clade», *Scientific Reports*, n.º 1 (2011), p. 13 (doi: 10.1038/srep00013).

Sobre la estrategia defensiva de las plantas que llaman a los enemigos naturales de los insectos herbívoros, véase:

M. DICKE, *et al.*, «Jasmonic Acid and Herbivory Differentially Induce Carnivore-Attracting Plant Volatiles in Lima Bean Plants», *Journal of Chemical Ecology*, n.º 25 (1999), pp. 1907-1922.

Para las investigaciones acerca de las hojas redondas utilizadas como cebo para los murciélagos polinizadores, puede consultarse:

R. SIMON, *et al.*, «Floral Acoustics: Conspicuous Echoes of a Dish-Shaped Leaf Attract Bat Pollinators», *Science*, vol. 333, n.º 6042 (2011), pp. 631-633. Para una mejor exposición, citamos el resumen del artículo:

> El esplendor visual de muchas flores diurnas sirve para atraer a los polinizadores que se orientan por medio de la vista, como las abejas y las aves; resta por ver si las flores polinizadas por los murciélagos han desarrollado señales ecoacústicas análogas con el fin de atraer a sus polinizadores ecolocalizadores. En el presente artículo se demuestra que una insólita hoja con forma de disco situada encima de las florescencias de la liana *Marcgravia evenia* atrae a los murciélagos polinizadores. En concreto, el eco emitido por la hoja hace las veces de faro, esto es, proporciona una señal fuerte, multidireccional y reconocible. En los experimentos conductuales, la presencia de estas hojas reduce a la mitad el tiempo que los murciélagos necesitan para encontrar las flores.

Para profundizar en la historia de la *Diabrotica virgifera* y de la ausencia del gen que produce la cariofilina en las modernas variedades americanas de maíz, léanse los artículos siguientes:

S. RASMANN, *et al.*, «Recruitment of Entomopathogenic Nematodes by Insect-Damaged Maize Roots», *Nature*, n.º 434 (2005), pp. 732-737.

C. SCHNEE, *et al.*, «A Maize Terpene Synthase Contributes to a Volatile Defense Signal that Attracts Natural Enemies of Maize Herbivores», *PNAS* (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*), n.º 103 (2006), pp. 1129-1134.

Sobre la ingeniería genética necesaria para restituir a las nuevas variedades de maíz su sistema de defensa original contra los nematodos, perdido con el paso del tiempo por culpa de la selección de nuevas variedades, véase:

J. DEGENHARDT, *et al.*, «Restoring a Maize Root Signal that Attracts Insect-Killing Nematodes to Control a Major Pest», *PNAS* (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*), n.º 106 (2009), pp. 13213-13218.

La idea de que las plantas son capaces de manipular a todos los animales y que lo han conseguido también con el ser humano aparece propuesta y valientemente documentada en un ensayo de Michael Pollan, *The Botany of Desire. A Plant's-Eye View of the World*, Nueva York, Random House, 2001 (*La botánica del deseo: el mundo visto a través de las plantas*, trad. de Raúl Nagore, San Sebastián, Ixo, 2008).

Sobre la difusión de las semillas por medio de los peces, véase:

J. T. ANDERSON, *et al.*, «Extremely Long-Distance Seed Dispersal by an Overfished Amazonian Frugivore», *Proceedings of the*

Royal Society, n.º 278 (2011), pp. 3329-3335.

A propósito de la comunicación entre las plantas carnívoras del género *Nepenthes* y las hormigas *Camponotus*, hay que destacar el artículo de D. G. Thornham, ***et al.***, «Setting the Trap: Cleaning Behaviour of *Camponotus schmitzi* Ants Increases Long-Term Capture Efficiency of their Pitcher Plant Host, *Nepenthes bicalcarata*», *Functional Ecology*, n.º 26 (2012), pp. 11-19.

Las *Nepenthes raja* han trabado amistad incluso con las ratas de Borneo, que al defecar en el interior de las trampas mientras se nutren del néctar hacen una significativa aportación de compuestos nitrogenados a la dieta de la planta. A este propósito puede consultarse el artículo de M. Greenwood, ***et al.***, «Unique Resource Mutualism between the Giant Bornean Pitcher Plant, *Nepenthes raja*, and Members of a Small Mammal Community», *Plos On*e, vol. 6, n.º 6, (2011), e21114.

V

La inteligencia vegetal

En biología se define como dominantes a aquellas especies que obtienen mayor espacio vital en detrimento de otras, dando muestras con ello de una mejor adaptación al entorno y una mayor capacidad para resolver los problemas que de manera natural se le presentan a todo ser vivo durante la lucha por la supervivencia. La cuestión está clara: cuanto más difundida está una especie, mayor es su peso específico en el interior del ecosistema.

Pongamos un ejemplo: si descubriéramos que un planeta lejano está habitado en un 99 por ciento por cierta forma de vida, ¿qué diríamos? Que ese planeta está dominado por esa particular forma de vida. Ahora bien, ¿estamos seguros que este pensamiento, tranquilizador en muchos aspectos, se ajusta a la verdad? En la Tierra, el 99,7 por ciento de la biomasa (las estimaciones se mueven entre el 99,5 y el 99,9 por ciento, aquí damos una cifra intermedia), es decir la masa total de todas las cosas vivas, no la representan los seres humanos, sino los vegetales. La especie humana (¡junto con el resto de animales!) representa apenas un triste 0,3 por ciento.

Así las cosas, el nuestro puede definirse ciertamente como un planeta verde: la Tierra es un ecosistema en el que las plantas reinan de forma indiscutible. Pero entonces hay algo que no encaja: ¿cómo es posible que ellas, los seres más estúpidos y pasivos del planeta, hayan alcanzado esta supremacía? Conquistar espacios en detrimento del resto de especies, como ya hemos dicho, es señal de mayor adaptabilidad, es decir, de una mayor capacidad para resolver problemas. ¿Por qué, entonces, de entre todos los seres

vivos (en términos de masa, recordemos, no en número de especies), sólo el 0,3 por ciento lo integran animales y, de este 0,3 por ciento sólo un porcentaje aún más pequeño lo constituye el ser humano? O mejor aún: ¿cómo se concilia este dato con la presunción humana de ser la especie dominante, de poder controlar el planeta, de poseer más derechos que las demás especies? Si no se tratase de algo que toca tan de cerca a nuestra conciencia colectiva, sino de una investigación científica normal (y neutra), la cuestión sería mucho más fácil de afrontar racionalmente: ¿que en el planeta Tierra existe tan sólo un 0,3 por ciento de vida animal, frente a un 99,7 por ciento de vida vegetal? Pues bien, entonces las plantas son los seres dominantes, mientras que la presencia de los animales es puramente testimonial. Y la explicación sólo puede ser una: las plantas son organismos mucho más refinados, adaptables e inteligentes de lo que solemos creer.

¿PODEMOS HABLAR DE «INTELIGENCIA VEGETAL»?

¿Por qué la palabra «inteligencia» chirría tanto cuando la asociamos al mundo vegetal? A lo largo del presente capítulo tendremos ocasión de responder a esta pregunta, pero antes recordemos que los prejuicios y las falsas creencias extendidos a lo largo de milenios condicionan nuestra manera de pensar y de referirnos a las plantas. Repasemos algunos de los argumentos que ya hemos apuntado para explicar cuáles y cuán válidas son las razones que existen para emplear la expresión «inteligencia vegetal».

A diferencia de los animales, las plantas son seres estanciales y viven ancladas al suelo (aunque no todas). Para sobrevivir en ese estado, han evolucionado de un modo tal que les permite nutrirse, reproducirse y defenderse de varias maneras de los animales; además, han estructurado su cuerpo de forma modular para hacer frente a los ataques externos. Gracias a esta estructura, la depredación animal (por ejemplo, la de los herbívoros que se comen

una parte de las flores o del tallo) no constituye un problema grave. Las plantas carecen de órganos únicos, como un cerebro, un corazón, pulmones o uno o más estómagos; esto se debe a que si sufrieran daños o fueran extirpados (por ejemplo, por parte del herbívoro que acabamos de mencionar), ello pondría en peligro la supervivencia del organismo en su conjunto. En las plantas, ninguna parte individual resulta indispensable, ya que su estructura es, en general, redundante y está constituida por módulos repetidos que interactúan y, dadas ciertas circunstancias, pueden sobrevivir incluso de forma autónoma. Estas características diferencian a las plantas de los animales y hacen que se parezcan más a una colonia que a un individuo.

Una de las consecuencias derivadas de esta estructura tan distinta a la nuestra es que las plantas se nos antojan lejanas, ajenas, hasta el punto de que a veces incluso nos cuesta recordar que están vivas. El hecho de que los animales posean un cerebro, un corazón, una o más bocas, pulmones y estómagos los convierte en seres cercanos y comprensibles. Pero con las plantas es distinto. Si no tienen corazón, ¿significa eso que carecen de circulación? Si no tienen pulmones, ¿es que no respiran? Si no tienen boca, ¿es que no se nutren? Y si no tienen estómago, ¿no digieren? Ya hemos visto que para cada una de estas preguntas existe una respuesta adecuada y que las plantas pueden llevar a cabo todas esas funciones aunque no dispongan de órganos que las controlen y desarrollen. Ahora tratemos de preguntarnos: puesto que no tienen cerebro, ¿las plantas no razonan?

El primer juicio a propósito de su inteligencia deriva precisamente de esta duda: en ausencia del órgano destinado a una determinada función, ¿cómo es posible que dicha función pueda realizarse? Y, sin embargo, ya hemos visto que las plantas se alimentan sin boca, respiran sin pulmones y ven, saborean, oyen, se comunican y se mueven pese a no disponer de órganos sensitivos como los nuestros. Entonces, ¿por qué ponemos en duda que sean capaces de razonar? Nadie negaría que las plantas se alimentan y

respiran, así pues ¿por qué la mera hipótesis de que puedan ser inteligentes provoca una reacción tan fuerte de rechazo? Llegados a este punto, se impone dar un paso atrás y preguntarnos: ¿qué es la inteligencia? Puesto que se trata de un concepto tan amplio y difícil de delimitar, es normal que existan multitud de definiciones distintas (la más divertida es la que dice que «existen tantas definiciones de inteligencia como investigadores encargados de definirla»).

Lo primero que haremos, pues, es escoger una que se adecue a nuestro caso. Podríamos optar por una definición amplia, como: «La inteligencia es la habilidad para resolver problemas». No es la única que tenemos a disposición; también podríamos elegir otras, pero por el momento quedémonos con ésta. Una alternativa interesante podría ser la que dice que la inteligencia es una prerrogativa humana, ya que está ligada al pensamiento abstracto o a cualquier otra capacidad cognitiva típicamente humana, mientras que el resto de seres vivos tendrían en su lugar unas «capacidades» de naturaleza distinta para las que habría que encontrar un nombre adecuado. Parece razonable, pero ¿es verdad? ¿Qué rasgos hay que nos hacen humanos y que no sean replicables?

LO QUE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PUEDE ENSEÑARNOS

Entender cuáles son las características típicas e inimitables de nuestra inteligencia no es tarea fácil. Para ello, podemos buscar ayuda en la inteligencia artificial (IA), ámbito en el que desde hace décadas se discute cuál es la esencia de la inteligencia humana y qué cosa la distingue de su equivalente mecánico. Precisamente para responder a esta clase de preguntas, los mayores expertos mundiales en inteligencia artificial se reúnen todos los años para enfrentarse a la llamada «prueba de Turing». La prueba recibe su nombre del gran matemático Alan Turing (1912-1954), uno de los padres de la informática, que en 1950 se preguntó: «¿Las máquinas

pueden pensar?», o mejor dicho: «¿Llegará un día en que las máquinas sean capaces de pensar? Y si es así, ¿cómo nos daremos cuenta?».

En lugar de seguir estrafalarios modelos teóricos o de enredarse en la maraña de definiciones de inteligencia, Turing propuso un experimento aparentemente sencillo: cada uno de los miembros de un jurado de personas tendría que dialogar, a través de un terminal de ordenador, sobre cualquier tema con dos interlocutores invisibles, de los cuales uno sería un programa informático y el otro un ser humano. La misión de los jueces sería averiguar quién es el ser humano y quién, la máquina.

Turing estableció que la prueba debía repetirse periódicamente y que podría considerarse superada cuando el 30 por ciento de los jueces hubiera sido engañado por la máquina tras cinco minutos de conversación. Según sus previsiones, eso sería posible para el año 2000: «Así podremos hablar de máquinas pensantes sin temor a ser contradichos».

Hoy por hoy, ninguna máquina ha conseguido engañar al 30 por ciento de los jueces, pero el momento de la capitulación se acerca a grandes pasos, y no falta mucho para que un programa informático sea capaz de simular a la perfección una conversación humana. ¿Podremos hablar entonces de máquinas pensantes? Según Turing, la respuesta es sí. ¿Qué implicaciones tendría eso para el ser humano? Se hace difícil decirlo.

Convencidos desde hace milenios de ser los seres vivos más sublimes y de ocupar el centro del universo, los humanos hemos tenido que soportar en los últimos años varios desmentidos que han socavado profundamente nuestras certezas. Pensémoslo: primero tuvimos que abandonar el sistema geocéntrico y reconocer que vivíamos en un planeta insignificante situado en una galaxia marginal del universo; luego tuvimos que admitir nuestra semejanza con otros animales e incluso que nuestros orígenes estaban en algunos de ellos. ¡Menuda humillación!

Entonces, para diferenciarnos del resto de las cosas creadas, empezamos a erigir barreras infranqueables: el ser humano es el único que se sirve del lenguaje (falso), que utiliza reglas sintácticas (falso), que usa instrumentos (falso, ¡hasta los pulpos los usan!). En tiempos fuimos los únicos que sabían realizar cálculos matemáticos complejos, pero hoy en día nadie puede competir con una calculadora de las baratas. En el transcurso de unos pocos siglos, nos hemos visto obligados a batirnos en una retirada gradual pero inexorable y que parece no tener fin, lo cual tiene algunas implicaciones de gran relevancia. Por ejemplo: ¿qué supone el hecho de que las máquinas sean cada vez más capaces de imitar y superar algunas de las características intelectuales que en el pasado considerábamos exclusivamente nuestras? Hoy en día, un ordenador puede vencer al mejor jugador de ajedrez, memorizar datos en cantidades poco menos que ilimitadas y sin errores, hacer previsiones, e incluso traducir y producir música (quizá no de la más excelsa). Por regla general, respondemos a estos éxitos de la inteligencia artificial afirmando que ninguno de ellos equivale de por sí a una verdadera demostración de inteligencia. Pero si con el tiempo un día cayéramos en la cuenta de que todo lo que creíamos propiedad exclusiva de nuestro intelecto puede ser replicado e incluso mejorado por una máquina, ¿acaso no deberíamos admitir nuestra posición subordinada con respecto a ésta? En suma: ¿qué es más sensato, convertir la inteligencia en un baluarte en defensa de nuestra diferencia con respecto al resto de seres vivos (y no sólo) o admitir que el hecho de ser inteligentes nos une a las demás especies de los reinos animal y vegetal?

LA INTELIGENCIA UNE, NO DIVIDE

De muchos animales afirmamos sin empacho alguno que son inteligentes, pues han demostrado ser capaces de procurarse comida mediante el uso de herramientas, de elaborar un lenguaje,

de encontrar la salida de un laberinto o de resolver otro tipo de problemas. Preguntémonos ahora: ¿las plantas son capaces de hacer lo mismo? Desde luego que sí; es más, lo demuestran continuamente. Se defienden de los depredadores con la ayuda de complejas estrategias que no pocas veces implican a otras especies, solicitan la ayuda de «mensajeros» de confianza para la polinización, sortean obstáculos, se prestan ayuda mutuamente, cazan animales o los atraen, se mueven para obtener comida, agua, luz, oxígeno.

¿Cómo no admitir, pues, que las plantas sean seres inteligentes de pleno derecho? En lugar de negar algo evidente para cualquiera que haya observado seriamente su comportamiento, deberíamos ver la manera en que las plantas resuelven los problemas como una preciosa fuente de información útil también para los humanos.

La inteligencia es una propiedad de la vida, algo que hasta el más humilde organismo unicelular debe poseer. Todos los seres vivos están llamados continuamente a resolver cuestiones que, a efectos de su existencia, no difieren mucho de las que nosotros afrontamos. Pensadlo bien: comida, agua, morada, defensa, reproducción, ¿acaso no son éstas la razón profunda de muchos de nuestros problemas más apremiantes? Sin inteligencia, no podría haber vida. No deberían dolernos prendas por reconocer una verdad tan palmaria: la inteligencia humana es, obviamente, muy superior a la de una bacteria o un alga unicelular. Lo importante es que la diferencia sólo es de orden cuantitativo, no cualitativo.

Si definimos la inteligencia como la capacidad para dar respuesta a problemas, entonces no es en modo alguno posible trazar una divisoria artificial por encima de la cual despunta la inteligencia y por debajo de la cual sólo hay autómatas (es decir, seres que responden a los estímulos ambientales de manera automática).

Quienes no están de acuerdo y se empeñan en sostener que algunos animales son inteligentes y otros no deberían molestarse en señalar en qué punto exacto de la evolución aparece la inteligencia.

Tratemos de preguntárnoslo. El ser humano es inteligente, eso nadie lo pone en duda. ¿Y los primates? También ellos son inteligentes, está demostrado. ¿Los perros? Por supuesto. ¿Los gatos? Cualquier humano que conviva con ellos puede dar fe de ello. Y los ratones, ¿acaso no son inteligentes? Desde luego. ¿Y qué decir de las hormigas? ¡Sin duda! ¿Y los pulpos? ¿Los reptiles? ¿Las abejas? ¿Y las amebas, que son capaces de salir de un laberinto o de prever fenómenos repetitivos? En resumen: ¿existe un umbral por encima del cual aparece la inteligencia como por arte de magia, o más bien debemos concebirla como algo connatural a la vida, lo cual desde el punto de vista evolutivo sería más correcto? Por lo demás, de no ser así, se nos plantearían problemas mucho más difíciles de resolver.

Si aceptamos la hipótesis de que la inteligencia está ligada a la superación de algún tipo de umbral, debemos preguntarnos si se trata de un umbral fijo o si es más bien un umbral de carácter cultural, y por lo tanto variable en función del tiempo y el lugar. En el siglo XIX, pocas personas creían que los animales pudieran ser definidos como inteligentes. Hoy en día, a ningún investigador se le pasaría por la cabeza sostener que un mono, un perro o incluso un pájaro no lo son. Incluso existe una extensa literatura acerca de la inteligencia de las bacterias. ¿Por qué, entonces, no íbamos a hablar de inteligencia vegetal?

Como bien sabemos, todas las plantas registran continuamente un gran número de parámetros medioambientales (luz, humedad, gradientes químicos, presencia de otras plantas o animales, campos electromagnéticos, gravedad, etc.) y en función de estos datos deben tomar decisiones relativas a la búsqueda de alimento, la competencia, la defensa o las relaciones con otras plantas y con los animales: una actividad difícil de imaginar sin recurrir al concepto de inteligencia. Por lo demás, de que las plantas poseen talentos inexplicablemente evolucionados se percató hace ya más de un siglo uno de los mayores genios que jamás han existido: Charles Darwin. Sin embargo, los tiempos no estaban maduros, y el

estudioso, ocupado ya en la acérrima defensa de otras de sus teorías –entre ellas la de la evolución de las especies, que le reportaría fama inmortal–, limitó sus especulaciones sobre el asunto a sus numerosas obras de tema botánico y, sobre todo, a sus «cuadernos», cuyo extraordinario valor científico ha salido a la luz sólo en fecha reciente. Entre los seis libros que dedicó a la botánica, hay uno esencial para entender qué es lo que Darwin pensaba sobre las plantas. Es el único que abunda en datos experimentales, un libro revolucionario ya desde el título: *The Power of Movement in Plants* (El poder del movimiento en las plantas, véanse pp. 18-19).

CHARLES DARWIN Y LA INTELIGENCIA DE LAS PLANTAS

Charles Darwin se acercó al mundo vegetal cuando era estudiante de teología, asistiendo a las clases de John Henslow (1796-1861), de quien pronto se convirtió en inseparable discípulo, hasta el punto de que empezó a ser conocido como «el que pasea con Henslow». Henslow tuvo una importancia fundamental en la vida de Darwin: fue él quien lo recomendó al capitán Robert FitzRoy para el puesto de *gentleman companion* a bordo del *HMS Beagle*. Fue él también quien le enseñó a Darwin las bases de la botánica y, sobre todo, le transmitió la pasión, que lo acompañaría durante toda la vida, por el mundo vegetal. Tal era su gratitud hacia el maestro, que en su autobiografía escribió que el encuentro con Henslow había sido el más importante de toda su vida. A partir de esos primeros años en Cambridge y a lo largo de las décadas siguientes, Darwin se dedicó con gran pasión a las plantas, buscó en estas criaturas fascinantes las pruebas de la teoría de la evolución y su interés por ellas duró hasta los últimos días de su vida (de hecho, una carta escrita apenas nueve días antes de su muerte, y la última de la que tenemos conocimiento, trataba sobre una planta).

La clave para comprender la revolucionaria importancia de *The Power of Movement in Plants*, libro destinado a cambiar la historia

de la botánica, se encuentra en el último capítulo del volumen, en el que –como ya hemos visto– Darwin, según un uso consolidado en muchas otras de sus obras, expone las conclusiones esenciales de sus investigaciones. A propósito de la relación existente entre los movimientos del aparato radical de las plantas y la existencia de una forma de inteligencia vegetal, escribe: «No es exagerado decir que la punta de la raíz, así dotada [de sensibilidad] y siendo capaz de dirigir el movimiento de las regiones adyacentes, actúa como el cerebro de un animal inferior; el cerebro, situado en la parte anterior del cuerpo, recibe las impresiones de los órganos sensitivos y dirige los distintos movimientos».



Charles Darwin: botánico extraordinario, fue un gran admirador de las capacidades de las plantas (retrato de S. Mancuso).

Por lo demás, a lo largo de las más de quinientas páginas de su formidable ensayo, el genial científico describe los numerosos movimientos de las plantas y dedica tres cuartas partes de la obra a los de las raíces. Sus observaciones se centran en las raíces por un

motivo concreto: es en esta parte de la planta donde halla el mayor número de similitudes con el movimiento de los animales, pero también los mejores ejemplos de un comportamiento asimilable al de los otros seres vivos. Es más, es en la raíz, o mejor dicho, en el ápice radical –es decir, en la punta de cada raíz–, donde es posible verificar la secuencia de fases típica de un comportamiento inteligente: percepción de los estímulos ambientales, decisión sobre la dirección que debe tomarse, movimiento final.

Darwin está convencido de que las diferencias entre el cerebro de un gusano o el de cualquier otro animal inferior y la punta de una raíz no son tan sustanciales. Por eso, en el capítulo que cierra el libro, el autor recuerda en varias ocasiones las excepcionales capacidades sensoriales del ápice radical:

> Creemos que no existe en la planta estructura más fascinante, en lo tocante a sus funciones, que el ápice radical. Cuando el extremo queda ligeramente prensado, se quema o se corta, éste transmite una señal a las partes adyacentes superiores, provocando con la curvatura su alejamiento del punto afectado […]. Cuando el ápice percibe que la humedad del aire es mayor en un lugar que en otro, transmite una señal a las partes adyacentes, que se doblan hacia la fuente de humedad. Cuando la luz excita el ápice de la raíz […], las partes adyacentes se alejan de la luz, pero cuando sienten la gravedad, esas mismas partes se doblan hacia el centro de gravedad.

Darwin fue el primero en percatarse de que la punta de la raíz es un sofisticado órgano sensitivo capaz de registrar distintos parámetros y de reaccionar a ellos. Y no sólo eso: tras constatar que el ápice radical es sensible a los estímulos externos, sugirió que ésa era la zona donde se generaban las señales que provocaban el movimiento de las partes adyacentes de la raíz. En sus experimentos observó que, tras extirpar quirúrgicamente el ápice, la raíz perdía buena parte de su sensibilidad: por ejemplo, dejaba de

percibir la gravedad o de distinguir el grado de compactación del suelo. Darwin formuló así la que un siglo más tarde se conocería como «hipótesis de la raíz-cerebro», que marcaría el inicio de los estudios sobre la fisiología de la raíz, objeto de estudio obligado, dada «su importancia para la vida de la planta en su conjunto».

Al igual que ocurrió con muchas otras de sus ideas, la acogida de la comunidad científica no fue precisamente entusiasta. Quienes más se opusieron a él fueron los botánicos alemanes, algo que el científico ya había anticipado: «Junto con mi hijo Francis –escribió–, estoy preparando un volumen bastante extenso acerca del movimiento de las plantas en el que, creo, aportamos muchas novedades e ideas nuevas. Me temo que nuestro punto de vista encontrará numerosos opositores en Alemania».

La razón de esta fuerte oposición no se debía a sólidas motivaciones científicas, sino que obedecía sobre todo a la antipatía con que el gran botánico Julius Sachs (1832-1897) percibía lo que para él era una injustificada «invasión territorial» por parte de Darwin. Por entonces, Sachs era un botánico respetado que veía en Darwin a un «diletante» (*a country-house experimenter*) cuyos estudios no podían compararse con sus sesudas investigaciones de fisiólogo vegetal.

Tras la publicación de *The Power of Movement in Plants*, Sachs le pidió a uno de sus ayudantes, Emil Detlefsen, que replicara los experimentos de Darwin, sobre todo los referentes al comportamiento de la raíz tras remoción de la cofia (la parte más externa del ápice radical).

Su objetivo, claro está, era refutar la validez de las conclusiones a las que había llegado el científico inglés en su importante ensayo. Detlefsen se puso manos a la obra encantado, pero, como se vio más tarde, no realizó las pruebas de la manera correcta –entre otras cosas por culpa de la escasa consideración en que se lo tenía en el laboratorio de Sachs– y obtuvo unos resultados distintos de los de Darwin.

La respuesta de Sachs fue vehemente. El botánico acusó a Darwin padre e hijo de haber llevado a cabo sus experimentos de manera inadecuada (como «diletantes») y de haber llegado a conclusiones erróneas. Ellos, por supuesto, defendieron su trabajo.

La diatriba entre los tres célebres botánicos tuvo cierto eco en la comunidad científica de la época, y en parte fue por eso que, poco tiempo después, un antiguo discípulo de Sachs, Wilhelm Pfeffer (1845-1920), a su vez reputado botánico, decidió volver a repetir los experimentos movido por un auténtico espíritu científico. Sus investigaciones arrojaron resultados idénticos a los de Darwin. Pfeffer admitió sin reticencias la gran talla de los dos estudiosos en su *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie* (Manual de fisiología vegetal, publicado en 1874), libro que un Sachs cada vez más rencoroso despachó como un «simple montón de hechos mal digeridos».

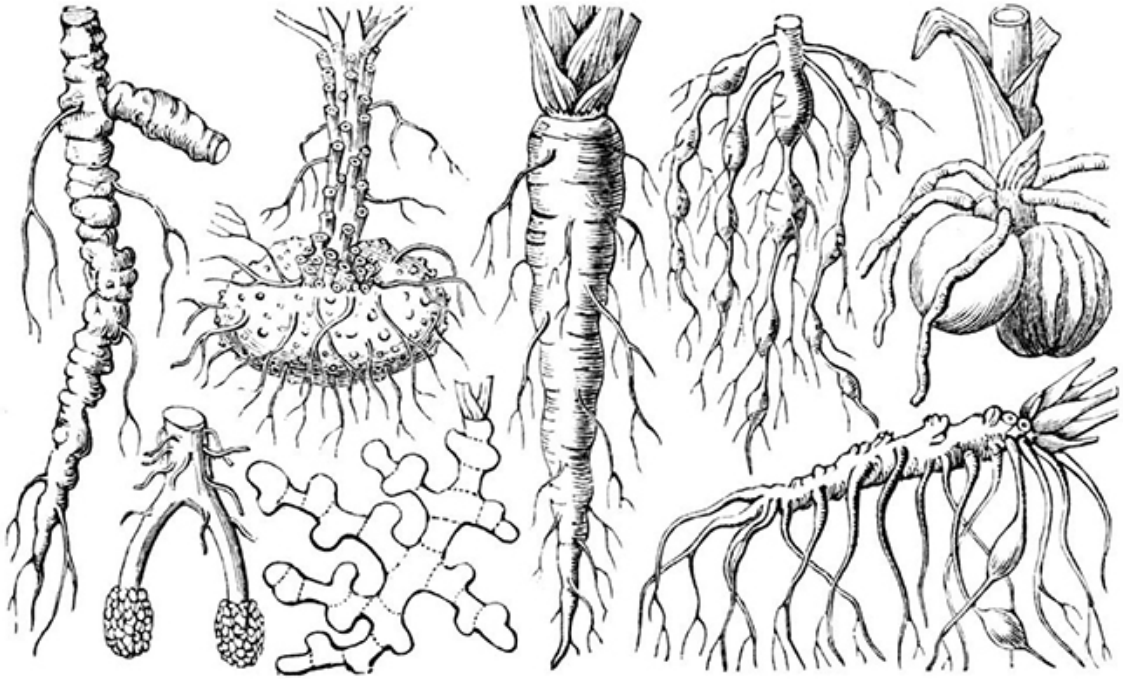
Obviamente, hoy en día sabemos que Darwin tenía razón. Es más, el ápice radical está aún más desarrollado de lo que Darwin imaginaba, siendo como es capaz de percibir numerosos parámetros físico-químicos provenientes del entorno (véanse pp. 66-69).

LA PLANTA INTELIGENTE

Empezamos esta sección haciendo una afirmación obvia: las plantas no tienen cerebro. Lo hemos dicho en varias ocasiones a lo largo de las páginas precedentes, pero lo repetimos una vez más para que quede aún más claro: las plantas no tienen ningún órgano que se parezca ni de lejos al cerebro tal y como lo entendemos nosotros. ¿Es éste un factor decisivo para negar su inteligencia?

Para los humanos, el cerebro es el lugar donde reside la inteligencia, tanto es así que «tener cerebro» o «ser un descerebrado» son expresiones que en el lenguaje coloquial indican respectivamente el hecho de poseer una capacidad intelectual notable o el de carecer de ella por completo.

Nosotros, al igual que todos los animales que nos resultan familiares y en los que reconocemos alguna forma de inteligencia, estamos dotados de este órgano extraordinario cuya complejidad y funcionamiento siguen siéndonos en buena medida desconocidos y sin el cual, al menos entre los miembros del reino animal, no puede existir el intelecto. La primera pregunta que debemos plantearnos es si el cerebro es en verdad el único centro de «producción» de la inteligencia. ¿Un cerebro carente de cuerpo sería inteligente o, por el contrario, sería tan sólo un conjunto de células sin particularidad alguna? ¿Sería posible reconocer en él algún signo de inteligencia?



Ejemplos de aparato radical: las raíces son la parte escondida de la planta y la más interesante. La imagen ilustra sus distintas tipologías.

La respuesta, sin duda, es no. El cerebro del mayor de nuestros genios no es *de por sí* más inteligente que su estómago. No se trata de ningún órgano mágico, y por sí solo no es capaz de producir nada. La información que llega del resto del cuerpo es, pues, fundamental para que se produzca una respuesta inteligente.

Pues bien, en las plantas las funciones cerebrales no están separadas de las corporales, sino que ambas conviven en cada una

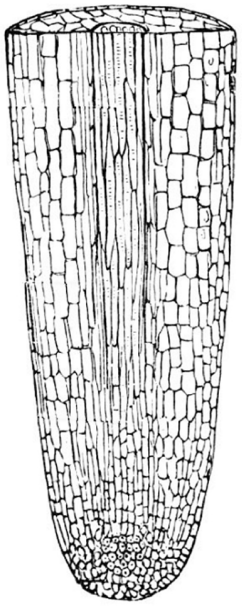
de sus células: un auténtico ejemplo viviente de lo que los estudiosos de la inteligencia artificial denominan *embodied agent*, es decir, un agente inteligente que interactúa con el mundo a través de su cuerpo físico.

Ya hemos hecho hincapié varias veces en que la evolución ha estructurado las plantas de forma modular, sin concentrar las funciones en órganos únicos, sino distribuyéndolas por el ser en su conjunto. En su momento, como hemos visto, fue una elección estratégica fundamental gracias a la cual las plantas pueden desprenderse de partes considerables de su organismo sin que su supervivencia se vea en peligro. Los vegetales no tienen pulmones ni hígado ni estómago ni páncreas ni riñones, y aun así son capaces de llevar a cabo todas las funciones que estos órganos realizan en los animales. ¿Por qué, entonces, la ausencia de cerebro debería impedirles ser inteligentes?

Fijémonos en el caso de la raíz, la parte de la planta a la que, como hemos visto, incluso Darwin otorgaba capacidad de decisión y guía. La punta o ápice radical tiene la función universalmente reconocida de guiar su crecimiento bajo tierra y de explorar el suelo en busca de agua, oxígeno y sustancias nutrientes. Sería fácil plantear la hipótesis de que su crecimiento es automático, regido por instrucciones simples del tipo: «Busca agua» o «Crece hacia abajo». En tal caso, la misión de cada raíz sería cosa de nada: localizar agua y desarrollarse en su dirección o crecer hacia abajo dejándose llevar por la fuerza de la gravedad. Por desgracia para la raíz, sus funciones son mucho más complejas. Deben desempeñar un gran número de competencias y equilibrar necesidades diversas; por su parte, el ápice debe realizar multitud de complejos cálculos para guiar a la raíz durante la exploración del suelo.

Por lo general, el oxígeno, las sales minerales, el agua y los nutrientes se encuentran en partes de terreno distintas y, en ocasiones, distantes unas de otras. Por lo tanto, la raíz tiene que tomar continuamente decisiones de gran trascendencia: ¿crecer hacia la derecha y obtener el fósforo que tanto necesita o hacia la

izquierda en busca de nitrógeno, cuyas reservas nunca son suficientes? ¿Desarrollarse hacia abajo en busca de agua o hacia arriba, donde es más fácil que encuentre aire de buena calidad para respirar? ¿Cómo conciliar necesidades que exigen decisiones encontradas? No olvidemos, además, que a menudo, por el camino, el ápice radical encuentra obstáculos que debe sortear e incluso enemigos (como otras plantas y parásitos) a los que tiene que «esquivar» y de los cuales debe defenderse. Y esto no es más que el principio, ya que las necesidades locales de cada ápice también deben tener en cuenta las necesidades globales de la planta, que pueden ser distintas.



El ápice radical: la punta de cada raíz contiene un elaborado órgano sensitivo.

¡Cuántas variables! Cada una con una importancia fundamental para la vida. ¿Cómo puede la planta evitar que todas sus raíces se dirijan hacia un mismo punto, quizá en busca de agua? Éste podría ser un peligro real si el crecimiento de las raíces se regulara de forma automática. Para responder a esto es importante que entendamos cómo está hecho y cómo funciona este formidable aparato que es el ápice radical.

El ápice es la punta extrema de la raíz y sus dimensiones varían de especie a especie, oscilando entre las pocas décimas de milímetro (por ejemplo, las de la *Arabidopsis thaliana*) hasta los dos milímetros (por ejemplo, las del maíz). Por lo común de color blanco, el ápice es la parte viva de la raíz, la que se alarga y la que posee mayor capacidad sensitiva; además, desarrolla una actividad eléctrica muy intensa basada en los potenciales de acción, es decir, señales eléctricas muy parecidas a las que utilizan las neuronas de los cerebros animales. Todos los vegetales poseen varios millones

de ápices: ¡el aparato radical de la planta más pequeña puede contener más de quince millones!

Cada uno de ellos percibe continuamente numerosos parámetros, como la gravedad, la temperatura, la humedad, el campo eléctrico, la luz, la presión, los gradientes químicos, la presencia de sustancias tóxicas (venenos, metales pesados), vibraciones sonoras, presencia o ausencia de oxígeno y dióxido de carbono. La lista que acabamos de dar es asombrosa, pero no exhaustiva: los investigadores amplían continuamente el número de estos parámetros, que crece todos los años.

El ápice los registra de forma constante y guía a la raíz en función de una serie de cálculos que toman en consideración las distintas necesidades locales y globales del organismo vegetal.

Seguramente ninguna respuesta automática podría reemplazar las funciones del ápice radical. Cada ápice es, en efecto, un auténtico «centro de elaboración de datos», y no trabaja solo, sino en red y coordinado con otros varios millones de ápices, junto con los cuales constituye el aparato radical de la planta.

CADA PLANTA ES UN INTERNET VIVIENTE

Hasta ahora hemos hablado del funcionamiento de los ápices radicales a título individual, pero hasta las plantas pequeñas, como el centeno o la avena, pueden tener varias decenas de millones, mientras que un árbol –aunque no existen estudios detallados al respecto– parece razonable suponer que posea varios cientos de millones. ¿Cómo funcionan todas estas raíces juntas? Obviamente, dado que forman parte de la misma planta, cada ápice radical no debe considerarse como independiente de los demás, sino como un nodo en una red que funciona de forma colectiva.

Para entender de qué estamos hablando, pensemos en internet, la red más amplia y potente jamás creada por el ser humano.

En las últimas décadas, para solucionar cálculos de gran complejidad, la investigación ha seguido dos direcciones distintas que tienen mucho que ver con nuestra discusión sobre las plantas. Por un lado, ha conducido a la elaboración de megacomputadoras individuales cada vez más potentes y capaces de realizar cantidades portentosas de cálculos en tiempos muy breves (el ordenador Sequoia de IBM, en funcionamiento desde 2012, puede realizar en una hora los cálculos que 6.700 millones de personas podrían realizar en 320 años, trabajando veinticuatro horas al día con una calculadora en la mano); por otro lado, se ha dirigido hacia el uso de la inmensa capacidad de cálculo global de redes como internet. Se trata de dos estrategias opuestas que nos recuerdan mucho a las que puso en práctica la evolución para aumentar la capacidad de cálculo de los organismos vivos: por una parte, cerebros únicos cada vez más grandes y potentes (donde el ser humano, evidentemente, sería el equivalente del Sequoia); por otro, la inteligencia distribuida, como la que encontramos en las sociedades formadas por insectos y en las plantas.

La velocidad de cálculo (por unidad de tiempo) de un superordenador es básica y siempre será superior a la de una red de ordenadores como internet, pero la seguridad que la red garantiza también es un factor importante que no podemos permitirnos subestimar.

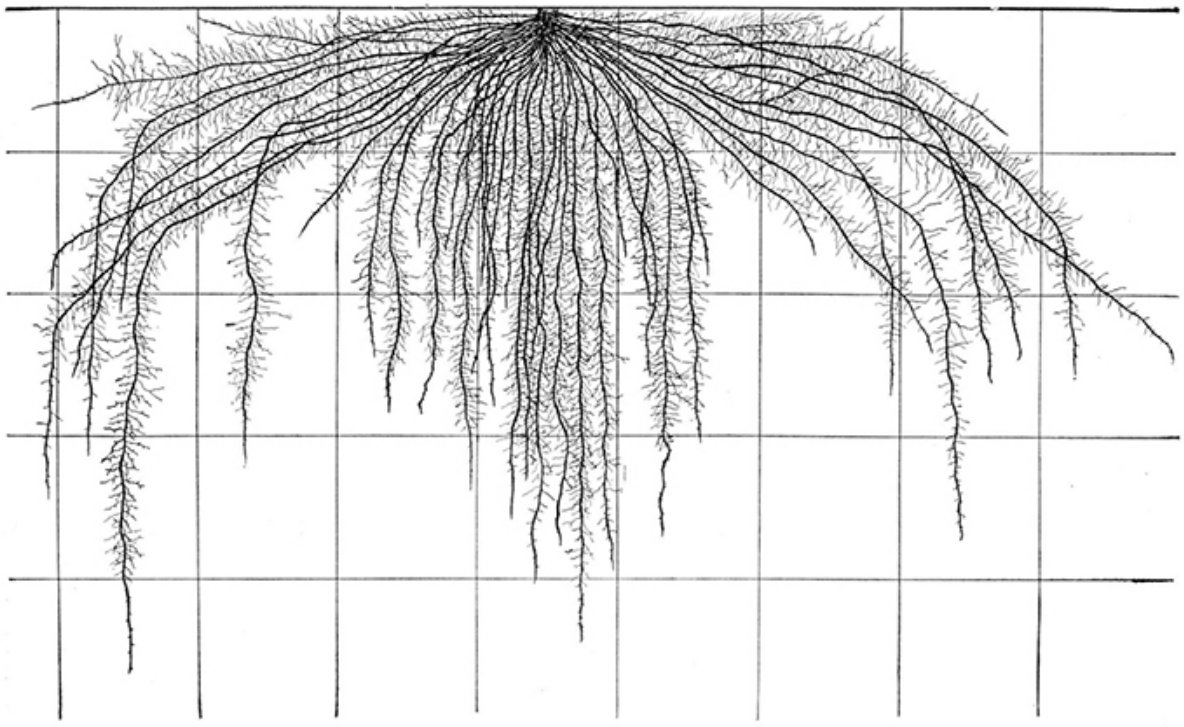
En sus inicios, la red de internet, cuya primera versión (Arpanet) se debió a la DARPA (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa), se ideó y estructuró modularmente con el fin de poder resistir un ataque nuclear de grandes proporciones. Aunque la mayor parte de los ordenadores que componían la red hubiesen sido destruidos –aquí estaba el quid de la cuestión–, la estructura modular de la red habría garantizado la supervivencia de los datos, así como su consiguiente circulación. ¿No nos recuerda a algo? Se trata de la misma estrategia adoptada por las plantas: millones de ápices radicales que trabajan en red, de tal modo que la

destrucción o depredación de una parte, por relevante que sea, no comprometa la supervivencia de la red en sí.

Un ápice no posee por sí mismo una gran capacidad de cálculo, pero unido al resto sus capacidades son extraordinarias, igual que ocurre con las hormigas, que por sí solas no saben definir estrategias elaboradas, pero que, trabajando con otras, pueden crear una de las sociedades más complejas y estructuradas que existen en la naturaleza.

¿Cómo se las arreglan las raíces para coordinarse y trabajar en equipo? Todavía no lo sabemos con certeza, pero estudios recientes nos permiten adelantar algunas hipótesis sugerentes.

El aparato radical es por encima de todo una red física en la que las raíces mantienen una relación anatómica entre sí. Pero esta conexión no es lo más importante. Es muy probable que las señales que permiten que cada raíz se comunique con las demás no viajen por el interior de la planta. ¿Cómo es posible?



El aparato radical de una planta de maíz de ocho semanas: el aparato radical está constituido por decenas de millones de ápices radicales.

Volviendo al ejemplo anterior, imaginemos por un instante que los ápices radicales son como los insectos de una colonia: las hormigas no están conectadas físicamente entre sí, pero actúan de forma coordinada gracias a ciertas señales químicas. ¿Es posible que también las raíces se comporten así?

Las plantas son verdaderas maestras en el arte de producir moléculas químicas de todo tipo y para cualquier función, por lo que no debería sorprendernos si tanto las partes hipogeas como las aéreas emitieran señales químicas para comunicarse entre sí.

Pero todavía nos estamos moviendo en el terreno de las hipótesis, de modo que conviene tener en cuenta también otras posibilidades. Los ápices radicales, por ejemplo, podrían perfectamente ser sensibles a los campos electromagnéticos, incluidos los emitidos por las raíces cercanas, y comportarse de acuerdo con ellos. O bien podrían percibir los sonidos que producen las otras raíces al crecer. Como sabemos (véase p. 66), según algunos estudios recientes, todas las raíces, al crecer, emiten unos sonidos similares a un clic que podrían ser percibidos por los ápices radicales de las plantas situadas en los alrededores. En tal caso, estaríamos ante un sistema de comunicación muy conveniente: como hemos visto, todo indica que la planta no produce estos sonidos de forma voluntaria, sino que parecen deberse a la rotura de las paredes celulares durante el crecimiento. Se trataría, pues, de lo que podríamos llamar una «señal parsimoniosa», es decir, una señal que logra su objetivo sin que la planta tenga que realizar esfuerzos, o mejor dicho, sin que tenga que invertir energía en producirlo.

UN ENJAMBRE DE RAÍCES

Imaginemos una bandada compuesta por miles de pájaros –una de esas nubes negras que se forman en el cielo vespertino en primavera– que vuelan juntos a gran velocidad dibujando en el cielo

imágenes sugestivas. Hasta los años setenta, la razón de que pudieran moverse de manera coordinada era un verdadero misterio: en teoría, volando tan cerca unos de otros, tendrían que haber chocado continuamente.

Los investigadores daban palos de ciego, tanto es así que alguno llegó a sugerir (¡en una revista científica seria!) que los pájaros estaban dotados de… ¡telepatía! La explicación, en realidad, era mucho más sencilla, pero el arcano sólo se ha desvelado en fecha reciente.

En una bandada, cada pájaro sigue unas pocas reglas fundamentales, como por ejemplo la de mantenerse a cierto número de centímetros de los pájaros situados delante y a la derecha; basta con eso para garantizar el vuelo coordinado de todos los plumados, aunque sean mil y se entreguen a las acrobacias más audaces. Un sistema elemental y, a la vez, funcional que la evolución podría no haber aplicado tan sólo al vuelo de los pájaros. Una de las teorías más acreditadas acerca del funcionamiento de las raíces sugiere, de hecho, que éstas podrían comportarse como se comportan los enjambres.

Cada ápice se limitaría a mantener una distancia preestablecida con respecto a los que crecen a su alrededor, lo cual bastaría por sí solo para garantizar un crecimiento coordinado y, por consiguiente, una exploración óptima del suelo, sin necesidad de una voluntad de orden superior, es decir, de un cerebro que dirija las operaciones de cada ápice. A falta de un órgano específico encargado de las funciones intelectivas, las plantas han desarrollado una inteligencia distribuida, típica de los enjambres y propia de muchas otras especies vivas: cuando los individuos que integran un enjambre están juntos, manifiestan lo que se denomina comportamientos «emergentes», es decir, inexistentes en los organismos tomados de forma individual.

En los últimos años, este fenómeno ha sido observado y estudiado sistemáticamente, con resultados esperanzadores. Se ha descubierto que los propios seres humanos, cuando están en grupo,

activan algunas dinámicas de comportamiento emergente. Veamos un ejemplo clásico: miles de personas que aplauden en un teatro. Algunos estudios recientes han demostrado que el aplauso empieza siendo asincrónico (cada persona aplaude de manera autónoma), pero a los pocos segundos tiende a sincronizarse hasta producir un sonido armónico. Evidentemente, esta sincronía es involuntaria y es la expresión de un comportamiento emergente. Un observador externo podría preguntarse: ¿cómo se las arreglan esos miles de personas para aplaudir de forma coordinada? ¿Quién decide el ritmo? ¿Quién indica a los demás el ritmo que deben seguir?

Los modelos de comportamiento emergente se han utilizado para describir muchas actividades humanas: desde la capacidad para caminar por aceras muy concurridas sin pisarse hasta el funcionamiento de la bolsa. Fijémonos en esto último: la bolsa nos dice cuánto valen las empresas de todo el mundo, gobierna de facto la política y tiene una gran influencia sobre nuestra suerte individual, todo ello sin que exista un control centralizado. De hecho, no existe ninguna entidad encargada de supervisar su funcionamiento global: los inversores conocen tan sólo un número limitadísimo de compañías y se limitan a seguir las reglas del mercado. Así pues, el comportamiento final de la bolsa depende exclusivamente de las interacciones de cada uno de los inversores. Como los ápices de un aparato radical o las hormigas de un enjambre: solos, no son nada; juntos, desarrollan capacidades insospechadas.

Las similitudes entre plantas y animales atañen también a este tipo de comportamientos, pero con una diferencia significativa. En el mundo animal, los enjambres están formados por grandes acumulaciones de humanos, mamíferos, insectos o aves. En el vegetal, en cambio, estas dinámicas se hallan presentes también cuando se trata de una sola planta, entre sus distintas raíces. Cada planta es de por sí un enjambre.

LOS ALIENÍGENAS HABITAN ENTRE NOSOTROS (LA INTELIGENCIA VEGETAL COMO MODELO PARA LA COMPRENSIÓN DE LAS INTELIGENCIAS EXTRATERRESTRES)

El estudio de la inteligencia vegetal arroja luz sobre un aspecto muy interesante de la investigación acerca de la inteligencia en general.

Por decirlo en pocas palabras: al estudiar las características de la inteligencia vegetal resulta evidente la dificultad que tiene el ser humano para comprender los sistemas vivos que razonan de manera distinta a la suya. Se diría que sólo es capaz de apreciar inteligencias parecidas a la humana.

Encontramos problemas análogos cuando hablamos de inteligencia en relación con organismos que no poseen cerebro, como por ejemplo –y prescindiendo por una vez de las plantas– las bacterias, los protozoos y los mohos. También éstos, aunque algunos (como las bacterias y los protozoos) sean tan simples como para estar constituidos por una sola célula, manifiestan comportamientos que –si tuvieran dimensiones más relevantes y, sobre todo, si tuviesen cerebro– no dudaríamos en calificar de inteligentes: las amebas son capaces de salir de un laberinto, mientras que los mohos pueden trazar el mapa de un territorio de manera más efectiva que cualquier programa informático ideado por el ser humano. Y pese a todo, en relación con estos organismos, como con las plantas, la ausencia de cerebro –llamémoslo así– nos lleva a negarles la existencia de capacidades intelectivas, actitud que parece más fundada en la tradición y el prejuicio que en la argumentación científica. Sin embargo, el estudio de la inteligencia vegetal podría revelarse crucial para el progreso humano: nos permitiría observar nuestra mente con otros ojos.

Planteémonos una pregunta: ¿qué ocurriría si algún día entrásemos en contacto con una inteligencia alienígena? ¿Seríamos capaces, ya no digamos de comunicarnos con ella, sino al menos de

reconocerla? Probablemente no. Es como si el ser humano, incapaz de concebir inteligencias distintas a la suya, más que buscar la inteligencia ajena anduviera continuamente a la búsqueda de la suya propia, perdida en algún lugar del espacio. Si de veras existiesen formas de inteligencia alienígena, habrían evolucionado en organismos muy distintos al nuestro; su química sería diferente de la nuestra y habitarían en entornos totalmente distintos a los que nosotros conocemos.

¿Cómo podemos siquiera pensar en reconocer esa inteligencia cuando no somos capaces de admitir la inteligencia de las plantas, organismos con los que compartimos una historia evolutiva en buena medida común, una misma estructura celular, un mismo entorno y unas mismas necesidades? Sólo por poner un ejemplo, preguntémonos por qué una inteligencia evolucionada en otro planeta y en condiciones completamente distintas a las nuestras tendría que emplear los mismos medios de comunicación que empleamos nosotros, basados en fenómenos ondulatorios. La voz, el sonido, las comunicaciones de radio y televisión, todos ellos se basan en la propagación de ondas. Otros seres vivos, entre ellos las plantas, utilizan otros sistemas para comunicarse, algunos de los cuales tienen como base la producción de moléculas químicas: son métodos extremadamente eficaces, aptos para transmitir información, pero de los cuales todavía sabemos poquísimo, a pesar de que los utilizan un gran número de especies presentes en nuestro planeta.

Para que la inteligencia vegetal nos parezca algo tan ajeno, ha bastado que las plantas sean más lentas que nosotros y que carezcan de órganos únicos similares a los nuestros; imaginémonos si hubiesen nacido y evolucionado a años luz de la Tierra. No obstante, precisamente por eso, por el hecho de ser distintos pero, en el fondo, tan cercanos a nosotros, tanto física como genéticamente, los organismos vegetales podrían representar un modelo interesante para el estudio de la inteligencia y ayudarnos a

repensar los métodos e instrumentos utilizados para la búsqueda de inteligencia extraterrestre en el espacio.

EL SUEÑO DE LAS PLANTAS

El sueño sigue siendo uno de los grandes misterios de la ciencia, a pesar de que miles de filósofos e investigadores se han interrogado acerca de su naturaleza. Aristóteles fue de los primeros en exponer su perplejidad sobre el asunto:

> En cuanto al sueño y la vigilia, debemos considerar qué son: si fenómenos del alma, del cuerpo, o comunes a ambos; y si son comunes, a qué parte del alma o del cuerpo pertenecen. Y además, si son éstos (sueño y vigilia) atributos de los animales, ¿son comunes a todos los animales, manifiestan algunos uno y otros la otra, o los hay acaso que no manifiestan ninguno?

Dos mil trescientos años más tarde, muchas de estas preguntas siguen sin respuesta. ¿Para qué sirve dormir? ¿Cómo funcionan los sueños y qué son? Antes de Aristóteles, el filósofo griego Heráclito de Éfeso (535 a. C.-475 a. C.) había dicho: «El hombre, de noche, enciende para sí una luz», afirmación que con el tiempo hallará su clarificación y confirmación en el psicoanálisis, para el cual los sueños sacan a la luz ciertas partes de nuestro inconsciente. Hoy en día, sabemos que el sueño influye en los procesos de aprendizaje y racionalización y que, por lo tanto, afecta a las funciones más nobles del cerebro. Durante siglos, la ciencia ha creído que sólo el ser humano y unos pocos animales superiores eran capaces de dormir y que los fenómenos análogos producidos en animales inferiores y plantas no podían definirse como «sueño»: una postura que nos recuerda mucho a la que mantenía sobre la inteligencia y que, una vez más, trata de atribuirle al ser humano una primacía que no tiene. Hasta hace poco tiempo, mamíferos y aves eran los únicos animales

que se creía que eran capaces de dormir, pero recientemente a este grupo selecto se ha sumado el de los insectos. En el año 2000, el descubrimiento de que la *Drosophila melanogaster* –la conocida mosca del vinagre– también duerme supuso una auténtica revolución en el estudio del sueño en los animales. Si hasta el más simple de ellos es capaz de dormir, habrá que admitir que el sueño es uno de los componentes esenciales de la vida.

¿Y las plantas? ¿También duermen? Puede parecer una pregunta ociosa, pero en los últimos años ha ocupado a un número cada vez mayor de científicos. En otras palabras: si los vegetales están dotados de inteligencia y de capacidad de raciocinio, el sueño podría ser una actividad vinculada a estos atributos.

Como ya sabemos (véase p. 14), *Somnus plantarum* es el título de un tratado poco conocido que en 1755 escribió Linneo como colofón a sus estudios sobre las distintas posturas que las hojas y ramas de algunas plantas adoptaban durante la noche. Linneo había recibido de François Boissier de Sauvages (1706-1767), célebre botánico de Montpellier, un ejemplar de *Lotus cornicolatus*, cuya floración quería estudiar.



Las hojas en fase diurna y nocturna. Desde arriba, a la izquierda: *Desmodium gyrans (Codariocalyx motorius)*, *Lotus creticus*, *Cassia pubescens*, *Cassia corymbosa*, *Nicotiana glauca*, *Marsilea quadrifoliata*.

La planta, muy delicada, viajó desde la costa mediterránea a la fría Uppsala y tardó varios meses en adaptarse a las nuevas

condiciones climáticas, pero finalmente, una mañana de mayo, en un invernadero y gracias a un cuidado continuo, floreció. Linneo, que había observado esa primera floración matutina, volvió a última hora de la tarde del mismo día para examinar otra vez la planta y, para gran sorpresa suya, se encontró con que las delicadas flores amarillas que había observado pocas horas antes ya no estaban. ¿Qué había sido de ellas? A la mañana siguiente, al volver a observar la planta, las encontró en su sitio, perfectamente frescas. El misterio no tardó en desvelarse: el fenómeno al que había asistido Linneo era un típico ejemplo de lo que los botánicos llaman «nictinastia» (del griego *núx*, «noche», y *nastós*, «compacto»), es decir, la capacidad que tienen muchas plantas para que sus hojas y flores adopten posiciones distintas de día y de noche. En el caso del *Lotus cornicolatus*, Linneo se percató de que al caer la noche, el loto levantaba las hojas extendidas y las cerraba alrededor de cada grupo de flores, que se volvían así invisibles aun bajo la mirada más atenta. Al mismo tiempo, los pedúnculos se plegaban un poco y las ramitas se inclinaban hacia el suelo. Éste fue el punto de partida del interés de Linneo por el llamado «sueño de las plantas», que lo llevó a proyectar un jardín-reloj en el que fuese posible saber la hora sencillamente observando el comportamiento de las plantas contenidas en él.

En realidad, las primeras observaciones relativas a los movimientos rítmicos de los vegetales son muy anteriores al siglo de Linneo y se remontan hasta los griegos. En el siglo IV a. C., Andróstenes, escriba de Alejandro Magno, anotó que las hojas del tamarindo se abrían durante el día y se cerraban durante la noche. Observaciones similares aparecen a menudo en las obras de varios botánicos pertenecientes a épocas y lugares distintos. En 1260, Alberto Magno (1206-1280) describía en el *De vegetalibus* el movimiento periódico diario de las hojas plumadas de algunas leguminosas, mientras que en 1686 John Ray (1627-1705), en su *Historia plantarum*, hablaba por primera vez de los fenómenos «fitodinámicos» de los vegetales entre el día y la noche. En 1729,

Jean-Jacques d'Ortus de Mairan (1678-1771), al estudiar las plantas de mimosa, que abren y cierran las hojas aproximadamente cada veinticuatro horas, concluyó que debían de tener alguna especie de reloj interno que controlase su movimiento. Así pues, el sueño de las plantas había sido observado en varias ocasiones antes de Linneo, pero corresponde al gran botánico el mérito de ser el primero en afrontar la cuestión de manera sistemática. Linneo no dio ninguna explicación de por qué las plantas se comportan de esta manera –aunque intuyó que la causa fundamental del movimiento de las hojas residía en la luz y no en la temperatura–, sino que se limitó a clasificar todas las plantas en las que el fenómeno se manifestaba y a atribuir el nombre de «sueño de las plantas» a la posición que adoptaban durante las horas nocturnas.

Contrariamente a lo que se ha pretendido hacer en los últimos años, Linneo no habla del sueño de las plantas de manera metafórica, sino que entrevé en ese comportamiento un fenómeno análogo al del sueño de los animales. Las plantas, por ejemplo, cambian de posición del día a la noche. Este movimiento no es fácil de distinguir en especies de hoja coriácea, como la encina, el olivo o el laurel, pero es bien visible en las de hoja más delicada. Al igual que los animales, también los vegetales adoptan para el reposo nocturno una postura que cambia de especie a especie. Así, del mismo modo que el pato esconde la cabeza bajo el ala, el buey se acurruca sobre un costado y el erizo se hace un ovillo, por la noche la espinaca dirige las hojas hacia la parte superior de tallo, mientras que las plantas del género *Impatiens* o la alubia flexionan las hojas hacia abajo; las trifoliadas, como el *Lotus corniculatum* estudiado por Linneo, juntan las hojas en torno a las flores, pero los altramuces, pese a pertenecer a la misma familia, dirigen las hojas hacia abajo; las oxalidáceas, cuyas hojas generalmente se componen de tres hojitas en forma de corazón, las doblan por la mitad a lo largo de la nervadura mediana y dejan que cuelguen del revés desde la extremidad del peciolo.

Tal multiplicidad de posiciones nocturnas obedece a una ley general: las hojas manifiestan una tendencia común a adoptar, durante la noche, la posición que tenían cuando eran brotes. Por eso algunas se enrollan formando un cucurucho, otras se pliegan en forma de abanico y otras se doblan en dos a lo largo de una nervadura mediana, pero en general todas tienden a imitar durante el sueño la postura en la que estaban durante las primeras fases de su crecimiento.

Pero las similitudes con los animales no acaban aquí. Por ejemplo, en el mundo vegetal la propensión al sueño también es mayor en la juventud, mientras que, a medida que la planta envejece, prolonga el estado de vigilia y se duerme con mayor dificultad, lo que demuestra una actitud totalmente análoga a la de los animales (¡y los humanos!). A partir de cierto punto de madurez, en algunas plantas disminuye la propensión al sueño, y las hojas obedecen cada vez menos a las causas que motivan su posición nocturna. Pero ¿cuáles son dichas causas? ¿Por qué motivo las hojas se abren de día y se cierran de noche? ¿Qué hechos determinan el sueño y el despertar de las plantas? Todavía no tenemos respuesta a estas preguntas, pero en los próximos años, a medida que la investigación avance, las plantas podrían llegar a utilizarse como modelo para el estudio del sueño, lo que proporcionaría a los investigadores un potente instrumento genético a partir del cual indagar en los mecanismos y los trastornos de esta importante función biológica.

Sobre el sueño de las plantas, véanse (además de los textos ya citados de Aristóteles, «Acerca del sueño y de la vigilia», «Acerca de los ensueños» y «Acerca de la adivinación por los sueños», en *Acerca de la generación y la corrupción. Tratados breves de historia natural*, ed. Ernesto La Croce y Alberto Bernabé, Madrid, Gredos, 1998) las contribuciones siguientes:

J. J. D'ORTOUS DE MAIRAN, *Observation botanique. Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, París, 1729.
JOHN RAY, *Historia plantarum, species hactenus editas aliasque insuper multas noviter inventas & descriptas complectens*, Londres, Mariae Clark, 1686-1704.
P. J. SHAW, *et al.*, «Correlates of Sleep and Waking in *Drosophila melanogaster*», *Nature*, vol. 287, n.º 5459 (2000), pp. 1834-1837.

Para profundizar en la capacidad de los mohos para crear redes eficaces, resulta útil el artículo de A. Tero, *et al.*, «Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design», *Science*, vol. 327, n.º 5964 (2010), pp. 439-442 (doi: 10.1126/science.1177894).

A continuación incluimos el resumen:

> Las redes de transporte son tan omnipresentes en los sistemas sociales como en los biológicos. Una red con buenas prestaciones comporta un complejo equilibrio entre los costes, la eficacia del transporte y la tolerancia a los fallos. Las redes biológicas se han perfeccionado a través de los distintos ciclos de selección evolutiva y es probable que hayan generado soluciones razonables para tales problemas de optimización combinatoria. Además, se desarrollan sin un control centralizado y, en general, pueden representar una solución fácilmente equiparable con las redes en crecimiento en general. Demostramos aquí que el *Physarum polycephalum* forma redes dotadas de una eficacia, una tolerancia a los fallos y un coste comparables a las del mundo real, en este caso, el sistema ferroviario de Tokio. Los mecanismos básicos necesarios para formar redes capaces de adaptarse pueden subsumirse en un modelo matemático de inspiración biológica que puede resultar útil con vistas a la construcción de redes en otros dominios.

Sobre la ameba y su capacidad para salir de los laberintos, véase en especial el artículo de T. Nakagaki, H. Yamada, Á. Tóth, «Maze-

Solving by an Amoeboid Organism», *Nature*, n.º 407 (2000), p. 470 (doi: 10.1038/35035159).

Sobre el uso del término inteligencia aplicado a las plantas, véase:

A. TREWAVAS, «Aspects of Plant Intelligence», *Annals of Botany*, vol. 92, n.º 1 (2003), pp. 1-20.

Para un primer acercamiento, incluimos el resumen a continuación:

> Inteligencia no es un término que se utilice corrientemente al hablar de plantas. No obstante, creo que no se trata de una omisión basada en la valoración real de la capacidad de las plantas para calcular aspectos complejos de su entorno, sino tan sólo del reflejo de un estilo de vida sésil. El presente artículo, declaradamente controvertido, afronta muchas de las cuestiones que atañen a este asunto. Para empezar, el uso del término inteligencia con respecto al comportamiento de las plantas contribuye a una mejor comprensión de la complejidad del sistema de transducción de señales y de la discriminación y sensibilidad con que las plantas se forman una imagen del entorno, y suscita preguntas fundamentales acerca de cómo las plantas calculan sus respuestas. Asimismo, abordamos ciertos enfoques destinados a investigar el aprendizaje y la memoria en las plantas.

En otro artículo, el mismo autor aventura la hipótesis de que las plantas deben considerarse «prototipos de organismos inteligentes»:

A. TREWAVAS, «Plant Intelligence», *Naturwissenschaften*, n.º 92 (2005), pp. 401-413 (doi: 10.1007/s00114-005-0014-9).

Incluimos el texto del resumen:

> El comportamiento inteligente es un fenómeno adaptativo complejo que se ha desarrollado para permitir que los organismos hagan frente a condiciones ambientales variables.

> La maximización del bienestar requiere habilidad a la hora de obtener los recursos necesarios (alimento) en situaciones de competencia y es, probablemente, la actividad durante la cual el comportamiento inteligente resulta más visible. Los biólogos sugieren que la inteligencia supone una percepción sensorial detallada, capacidad para elaborar información, aprendizaje, memoria, elección, optimización a la hora de obtener recursos con el mínimo derroche de energía, autorreconocimiento y capacidad para hacer previsiones basadas en modelos predictivos. Todas estas propiedades están relacionadas con la capacidad para resolver problemas tanto en situaciones recurrentes como nuevas. Examinamos aquí algunas pruebas que indican que ciertas especies de plantas presentan todas estas capacidades conductuales, pero que lo hacen a través de la plasticidad fenotípica y no mediante el movimiento. Además, la mayor parte de estos atributos inteligentes se detectan al competir por la búsqueda de recursos. Así pues, las plantas deberían considerarse como prototipos de organismos inteligentes, un concepto que tiene consecuencias notables para la investigación sobre la comunicación de las plantas, el cálculo y la transducción de señales.

Sin salir del tema de la inteligencia vegetal, véase:

P. CALVO GARZÓN y F. KEIJZER, «Plants: Adaptive Behavior, Root-Brains, and Minimal Cognition», *Adaptive Behavior*, n.º 19 (2011), p. 155 (doi: 10.1177/1059712311409446).

El artículo habla de «cerebros radicales» y de centros de control situados en las raíces, reconociendo así que las plantas poseen cierto grado de capacidad cognitiva. Afirman los autores:

> La inteligencia de las plantas ha pasado en buena medida desapercibida en el campo del comportamiento adaptativo animal y humano. En este contexto, presentamos los trabajos en curso sobre la inteligencia de las plantas como una nueva serie

de fenómenos relevantes y merecedores de atención y discutimos su potencial relevancia con vistas al estudio del comportamiento adaptativo en general. Concretamente, empezamos presentando una breve panorámica del comportamiento adaptativo de las plantas para dar cuerpo a la noción de las plantas como criaturas agentes. En segundo lugar, nos concentramos en la «neurobiología vegetal» y reintroducimos la idea de Darwin de que las plantas poseen un centro de control del comportamiento disperso por las puntas de las raíces (cerebro radical). Hablamos a continuación de las formas mínimas de cognición y nos fijamos en la motilidad y en el hecho de poseer una organización sensomotora como rasgos clave a efectos de delimitar el dominio del concepto de cognición mínima. Concluimos que las plantas son mínimamente cognitivas y terminamos con la discusión de algunas de las implicaciones y retos que la inteligencia de las plantas presenta para el estudio del comportamiento adaptativo y para las ciencias cognitivas en general.

El 10 de abril de 1882, Charles Darwin escribía su última carta conocida, la cual –como si quisiera sellar una vida, la suya, caracterizada por la pasión por la botánica– está dedicada por entero a las plantas. Dada su brevedad, reproducimos el texto para facilitar su consulta:

10 de abril de 1882

Distinguido señor,

Confío sepa disculpar la libertad que, siendo un extraño, me tomo al solicitarle un favor. He leído con insólita atención su artículo, muy interesante, acerca de la estructura de las flores de *Solanum rostratum*, publicado en *American Naturalist*, y agradecería si fuera tan amable de enviarme una cajita con algunas semillas, indicándome si la planta es anual, para que

pueda saber cuándo plantarlas. De este modo, podré tener el gusto de verlas florecer y de practicar con ellas mis propios experimentos. Si estuviera interesado en llevarlos a cabo usted mismo, no me mande las semillas, pues no es en absoluto mi intención interferir en manera alguna con su trabajo. Desearía también ver las flores de *Cassia chamaecrista*.

Hace muchos años, realicé algunos experimentos con un caso vagamente análogo, y este año estoy haciendo más. He descrito mis estudios al doctor Fritz Müller (Blumenau, Sta. Catharina, Brasil), y él me ha dicho que cree que, en algunas plantas que producen dos tipos de anteras de color distinto, las abejas sólo recogen polen en una de las dos. Si tuviera usted a su disposición un ejemplar de reserva para enviárselo, podría interesarle mucho su artículo. Creo, aunque últimamente la memoria me traiciona, que sobre este mismo asunto publicó el doctor un artículo en *Kosmos*.

Esperando que sepa disculparme, le presento mis más cordiales saludos,

C. DARWIN.

P. D.: En mi librito sobre la fecundación de las orquídeas, bajo la voz *Mormodes ignea*, figura una relación acerca de una flor ligeramente asimétrica y de las que creo llamé flores diestras o zurdas.

Para hacerse una idea de la enorme complejidad del aparato radical, véase:

H. J. DITTMER, «Quantitative Study of the Roots and Root Hairs of a Winter Rye Plant (Secale Cereale)», *American Journal of Botany*, vol. 24, n.º 7 (1937), pp. 417-420.

Para profundizar en el funcionamiento del ápice radical, véase el reciente estudio de F. Baluska, S. Mancuso, D. Volkmann y P. W. Barlow, «Root Apex Transition Zone: a Signalling-Response Nexus

in the Root», *Trends in Plant Science*, vol. 15, n.º 7 (2010), pp. 402-408.

La actividad eléctrica de la raíz ha sido estudiada recientemente en E. Masi, *et al.*, «Spatiotemporal Dynamics of the Electrical Network Activity in the Root Apex», *PNAS* (*Proceedings of the National Academy of the United States of America*), vol. 106, n.º 10 (2009), pp. 4048-4053.

Sobre los comportamientos emergentes se han escrito cientos de libros, muchos de ellos de una importancia fundamental. Para profundizar en este fascinante tema aconsejamos:

S. JOHNSON, *Emergence: the Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software*, Nueva York, Scribner, 2001. (*Sistemas emergentes, o qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*, trad. de María Florencia Ferré, Madrid, Turner, 2003.)

S. WOLFRAM, *A New Kind of Science*, Champaign (IL), Wolfram Media, 2002.

H. J. MOROWITZ, *The Emergence of Everything: How the World Became Complex*, Oxford, Oxford University Press, 2002.

Sobre los comportamientos de enjambre y las propiedades emergentes de los aparatos radicales, véanse el recentísimo estudio de M. Ciszak, *et al.*, «Swarming Behavior in the Plant Roots», *Plos One*, vol. 7, n.º 1 (2012), e 29759 (doi: 10.1371/journal.pone.0029759) y el de F. Baluska, S. Lev-Yadun, S. Mancuso, «Swarm Intelligence in Plant Root», *Trends in Ecology and Evolution*, n.º 25 (2010), pp. 682-683.

Conclusiones

Cuando pensamos en las plantas, nos sentimos tentados por instinto a atribuirles dos características: inmovilidad e insensibilidad. No son características cualesquiera, sino cualidades muy especiales y de las que en buena medida depende la consideración del ser humano hacia el mundo vegetal. Sin embargo, al contrario de lo que hemos creído durante siglos, no se trata de propiedades connaturales a las plantas, sino del persistente poso de una construcción cultural que se remonta hasta Aristóteles. Para el antiguo filósofo y científico griego, el mundo vegetal se encuentra «un escalafón por debajo» del animal, dado que carece de «alma», un concepto al que él da el significado de «principio motor», directamente vinculado con el concepto de movimiento. De ello se desprende que los seres vivos se distinguen de los no vivos por su capacidad para moverse: las plantas, cuyo movimiento es escaso o nulo, se encuentran por ello en el límite entre la vida y la no vida.

La idea de que las plantas no tenían nada en común con los animales no empezó a tambalearse hasta finales del siglo XIX, y todavía está muy difundida. Sin embargo, hoy, al menos entre la comunidad científica, resulta evidente que las diferencias entre plantas y animales no son cualitativas, sino cuantitativas. Los animales se sirven de la materia y la energía que producen las plantas; las plantas, por su parte, utilizan la energía solar para satisfacer sus necesidades. Los animales, pues, dependen de las plantas, y las plantas, del sol.

Obtenemos así una imagen más general de la vida vegetal y una mejor comprensión de su papel en la biosfera: las plantas son las mediadoras entre el sol y el mundo animal. Ellas –o más bien sus orgánulos celulares más característicos: los cloroplastos– encarnan el nexo que une las actividades de todo el mundo orgánico (es decir, de todo aquello a lo que llamamos «vida») con el centro energético de nuestro sistema. Las plantas, por lo tanto, ejercen una función universal para la vida del planeta. Los animales, no.

Los estudios más recientes sobre el mundo vegetal han demostrado que las plantas son sensibles (es decir, que están dotadas de sentidos), se comunican (entre ellas y con los animales), duermen, memorizan e incluso son capaces de manipular a otras especies. Además, pueden describirse como organismos inteligentes a todos los efectos. Las raíces conforman un frente en continuo avance, con innumerables centros de mando, de suerte que el aparato radical se erige en guía de la planta como si fuera un cerebro colectivo, o mejor, una inteligencia distribuida que, a medida que crece y se desarrolla, va recabando información importante para su nutrición y su supervivencia.

Los recientes avances en biología vegetal nos permiten estudiar las plantas como organismos con una capacidad demostrada para adquirir, almacenar, compartir, elaborar y utilizar la información que obtienen del entorno que las rodea. De qué manera estas brillantes criaturas se procuran la información y elaboran los datos obtenidos para desarrollar un comportamiento coherente constituye el interés principal de la neurobiología vegetal.

En los últimos años, el estudio de sus sistemas de comunicación y socialización augura la posibilidad de desarrollar nuevas y, hasta el momento, impensables aplicaciones tecnológicas. Se habla ya de cierto tipo de robots de inspiración vegetal, una auténtica generación de *plantoides* destinada en breve a suceder, en la cadena evolutiva de la robótica, a los robots de inspiración humana (los llamados «androides») y animal. Hay en marcha, además, numerosos proyectos destinados a construir redes de tipo vegetal que puedan

usar las plantas como centralitas ecológicas y plasmar en internet, en tiempo real, los parámetros sometidos al continuo análisis de las raíces y las hojas: son lo que llamamos redes *greenternet*. Muy pronto, este internet de las plantas podría pasar a formar parte de nuestra vida cotidiana: nos avisaría de la llegada de una nube tóxica, nos informaría sobre la calidad del aire y el suelo, y nos advertiría de aludes y terremotos. Poco a poco, también va cobrando forma la idea de las fitocomputadoras, ordenadores que utilizan nuevos algoritmos basados en las capacidades y los sistemas de cálculo de las plantas (computación no convencional).

El reino vegetal no sólo es una mina de inspiración para la robótica y la informática, sino que también puede ofrecer numerosas e innovadoras soluciones a muchos de los problemas tecnológicos más comunes. Por lo demás, la *bioinspiración*, es decir, la capacidad para inspirarse en el mundo viviente para idear nuevas aplicaciones tecnológicas, hizo su aparición hace ya siglos (pensemos, por ejemplo, en los estudios de máquinas voladoras de Leonardo, inspiradas en el vuelo de los pájaros). La mirada del hombre siempre ha estado puesta en el reino animal (el más cercano a él) y sólo en fecha reciente ha empezado a desvelar el tesoro escondido en el reino vegetal, en el que quizá algún día podamos encontrar –entre otras cosas– la cura a muchas de las enfermedades más graves que sufrimos los humanos, nuevas formas de energía limpia, la oportunidad de desarrollar materiales innovadores y un número incalculable de posibilidades inexploradas en el terreno de la química y la biología.

Queda claro, pues, que el reino vegetal no es tan sólo un ingrediente fundamental para la vida en el planeta, sino también un gran obsequio para el ser humano y su inteligencia, un regalo que a menudo tiramos a la basura sin dignarnos a echarle un vistazo. Se estima que el ser humano conoce apenas el 5 o 10 por ciento de las especies vegetales del planeta y que de éstas extrae el 95 por ciento de todos sus principios medicinales.

Todos los años, miles de especies de las que no sabemos nada se extinguen, y con ellas se pierden definitivamente quién sabe cuántos regalos para la humanidad. A lo mejor cobrar conciencia de que las plantas sienten, se comunican, recuerdan, aprenden y resuelven problemas nos ayudará algún día a considerar las plantas como seres más cercanos a nosotros y nos dará la oportunidad de estudiarlas y protegerlas con mayor eficacia.

No es casual, a la vista de las pruebas científicas reunidas a lo largo de las últimas décadas, que a finales de 2008 la Comisión Ética Federal para las Biotecnologías No Humanas (ENCH), constituida en 1998 por el Consejo Federal de Suiza, publicara un documento titulado *La dignidad de los seres vivientes, con especial atención a las plantas. Consideración moral de las plantas para nuestro propio bien*.

Por difícil que parezca aplicar a los vegetales un concepto que ha marcado la historia de la humanidad, la referencia a su dignidad puede entenderse como un primer paso hacia la legitimación de los derechos de las plantas, con independencia de los intereses humanos. Esto significa que deben ser respetadas y que los humanos tenemos obligaciones para con ellas. Mientras veamos a estas criaturas meramente como cosas, máquinas pasivas que obedecen servilmente a un programa siempre idéntico, mientras las consideremos organismos cuyo único fin se cifra en satisfacer nuestros intereses y necesidades, aplicarles un atributo como el de la dignidad nos parecerá absurdo e insensato. Pero si las plantas son activas, adaptables, verosímilmente capaces de sentir percepciones subjetivas y, sobre todo, poseedoras de un modo de vida del todo independiente de nosotros, entonces existen buenas razones para aceptar que el concepto de dignidad puede ser aplicable también a ellas.

A principios del siglo XX, Jagadis Chandra Bose (1858-1937), uno de los primeros científicos indios modernos y figura legendaria en la historia contemporánea de la India, defensor de la identidad fundamental entre plantas y animales, escribió: «Estos árboles

tienen una vida similar a la nuestra, comen y crecen, luchan contra la pobreza, sienten dolor y sufren. Pueden robar, pero también ayudarse los unos a los otros, trabar amistades y sacrificar su vida por sus pequeños».

Todavía hay muchas cuestiones controvertidas y queda mucho por descubrir. Pero la comisión bioética suiza, compuesta por filósofos especializados en ética, biólogos moleculares, naturalistas y ecólogos, se mostró unánime en una cosa: las plantas no pueden ser tratadas de modo arbitrario. Su destrucción indiscriminada es moralmente injustificable.

Hay que precisar que el hecho de reconocerles derechos a las plantas no reduce ni limita su uso, del mismo modo que el reconocimiento de la dignidad de los animales no ha significado su eliminación de la cadena alimentaria ni ha prohibido su uso en experimentos.

Durante siglos, también los animales han sido vistos como máquinas sin razón. Sólo de unas décadas a esta parte hemos empezado a conferirles derechos, dignidad y respeto: los animales ya no son cosas. De resultas de este cambio de perspectiva, casi todos los países desarrollados han aprobado leyes destinadas a proteger y tutelar su dignidad. Para las plantas no existe nada parecido, al contrario: la discusión sobre sus derechos apenas acaba de comenzar, pero no puede seguir postergándose.