
BOTÁNICA INSÓLITA

JOSÉ RAMÓN ALONSO

YOLANDA GONZÁLEZ

COLECCIÓN

LIENZOS Y MATRACES

NEXT—
DOOR...
PUBLISHERS

© De los Autores:
José Ramón Alonso
Yolanda González

© Next Door Publishers
Primera edición: noviembre 2016
Segunda edición: septiembre 2017

ISBN: 978-84-946669-5-7
DEPÓSITO LEGAL: DL NA 1617-2017

Reservados todos los derechos. No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea mecánico, electrónico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.

Next Door Publishers S.L.
c/ Emilio Arrieta, 5, entlo. dcha., 31002 Pamplona
Tel: 948 206 200
E-mail: info@nextdooreditores.com
www.nextdoorpublishers.com

Impreso por Liberdúplex
Impreso en España

Diseño y maquetación: Ruperto Mendiry
Ilustración de cubierta: Yolanda González
Dirección colección: Oihana Iturbide
Editora: Laura Morrón
Corrección: Pilar Comín

ÍNDICE

Los autores	8
Presentación	11
1 Plantas glotonas	13
2 Hojas y energía limpia	21
3 Farmaplantas contra el ébola	27
4 Viejas damas	33
5 Armas de tejo	39
6 Apestosa como una flor	45
7 Un niño llamado IR8	51
8 Semillas con alas	57
9 La reina de los Andes	63
10 El internet de las plantas	69
11 Plantas amenazadas	75
12 Te ofrezco calor y dulces	81
13 Plantas antiterroristas	85
14 La senda de los elefantes	91
15 Sensibilidad explosiva	97
16 Nanotubos en las plantas	103
17 Los más altos	109
18 A una murciélaga, regálale un ramo de hojas	117
19 El virus de la gripe y <i>Ginkgo biloba</i>	123
20 La gran hambruna de la patata	129
21 Hermosas que prometen sexo y luego, nada	135
22 Plantas que donan sangre	143
23 Salvadas de la extinción	149
24 La habilidad de un fitoplasma	155
25 El cafetal descafeinado	161
26 Plantas y calentamiento global	169
27 El olfato de las plantas	177
28 Herboristería prehistórica	183
29 Color estructural en plantas	189
30 El muelle del zarcillo	197
31 El genoma del tomate	203
32 Ventanas en las hojas	209
33 Bella durmiente durante 30 000 años	215
34 Diálogos genéticos entre plantas	221
35 Fotosíntesis y animales	227
36 Oro en los eucaliptos	233
37 ¿Te comerías un plátano azul y radiactivo?	241
Glosario	249

LOS AUTORES



JOSÉ RAMÓN ALONSO

JOSÉ Ramón Alonso es doctor en Biología y catedrático de Biología Celular en la Universidad de Salamanca, de la que ha sido rector. Es doctor *honoris causa* por universidades de Colombia, Bolivia y Perú, e investigador posdoctoral y profesor visitante en universidades de Alemania y Estados Unidos. Ha dirigido quince tesis doctorales y ha publicado más de ciento cincuenta artículos en revistas internacionales especializadas en neurociencia.

Es autor del blog *Neurociencia en español* y cuenta con una producción de veintitrés libros de divulgación científica, entre los que hay títulos como *¿Quién robó el cerebro de JFK?—Tiempos bélicos y Neurociencia* (Ed. Cálamo) y *Un esquimal en Nueva York y otras historias de la Neurociencia* (Ed. Guadalmazán).

Ha ganado algunos de los principales premios de divulgación científica de España, como el Teresa Pinillos (Universidad de La Rioja), el Tesla (*Naukas*) y el Prisma (museos científicos coruñeses).



YOLANDA GONZÁLEZ

YOLANDA, ilustradora y licenciada en Bellas Artes por la Universidad Complutense de Madrid, se diplomó en Ilustración e Interiorismo. A pesar de haber explorado distintas disciplinas como la pintura o el diseño gráfico, se especializó en el campo de la ilustración científica al entrar, en 2009, en el Museo Arqueológico Regional de Alcalá de Henares (MAR). A partir de entonces siguió desarrollando esta labor en el propio MAR, en el Instituto Catalán de Paleocología Humana y Evolución Social (IPHES) y en el PDVSA-La Estancia, en Venezuela.

Entre sus trabajos destacan las ilustraciones en *El Valle de los neandertales* (Pinilla del Valle, Madrid), que muestran cómo vivían los neandertales hace ya 30 000 años y diversas publicaciones en revistas científicas como *Archaeological and Anthropological Sciences* o *La Aventura de la Historia*. Su obra ha sido expuesta, entre otras ciudades, en Madrid, Barcelona, Granada, Almería y también en Venezuela.

Su trabajo, cargado de investigación y con multitud de ramificaciones, se centra en la relación del hombre con la naturaleza.



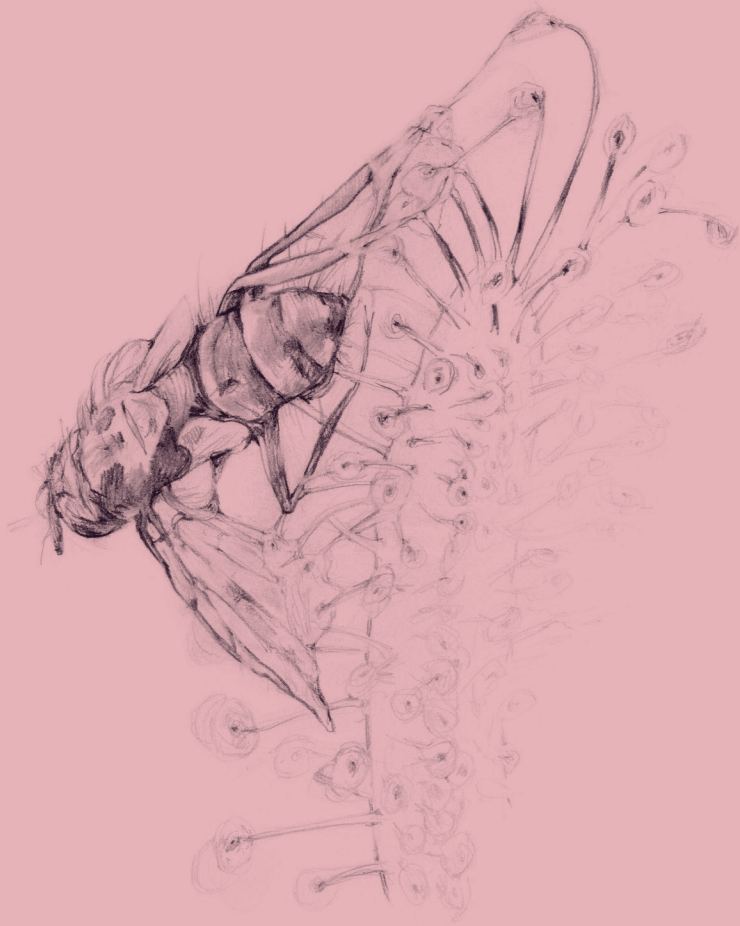
PRESENTACIÓN

JOSÉ RAMÓN ALONSO

El objeto de este libro es enseñar, divertir y fomentar el interés del lector por la ciencia y, en particular, por la botánica. Los primeros libros de divulgación científica realmente populares trataron sobre plantas. Las grandes hojas de la *Victoria regia*, los majestuosos troncos de las secuoyas de California, las flores tropicales y, sobre todo, las plantas capaces de curar y las capaces de matar captaron la atención de las personas cultas. Las instituciones respondían a ese interés; uno de los mejores ejemplos es la construcción de jardines botánicos en las principales ciudades de Europa y América. También los particulares disfrutaban de aclimatar plantas exóticas y generar nuevas variedades de flores, embelleciendo sus jardines. Thomas Jefferson dijo: «Soy un hombre anciano, pero un jardinero joven».

Las plantas nos proporcionan, directa o indirectamente, comida, materiales de construcción, combustible, papel, fibras y muchas cosas más. Ante el cambio climático, buscamos algún sistema que funcione como sumidero de dióxido de carbono, obviando a veces que los organismos fotosintéticos fijan miles de millones de toneladas cada año, sin coste energético y generando a cambio productos útiles. Y también nos dan belleza.

La botánica continúa siendo un área activa de investigación que recibe el aporte de las nuevas generaciones de instrumentos y técnicas. De hecho, una planta, *Arabidopsis thaliana*, fue uno de los primeros organismos cuyo genoma se secuenció. El uso de esta crucífera y otras plantas como organismos modelo en biología del desarrollo ha abierto una nueva época para el conocimiento de la naturaleza que nos rodea. La biología molecular y celular nos permite saber mucho más sobre el desarrollo de las plantas, su ecología, su fisiología o cómo conseguir variedades más productivas, más resistentes, más útiles. El presente de la humanidad depende de las plantas. La cosecha mundial de arroz determina que haya o no hambrunas que afectarán a cientos de millones de personas; asimismo, necesitaremos nuevos cultivos capaces de atender al crecimiento de la población durante este siglo; pero es que, además, las plantas nos hacen disfrutar de los últimos avances de la investigación y los grandes retos del futuro. Ese es el objetivo del libro que ahora tienes en tus manos.



— 01 —

PLANTAS GLOTONAS

CHARLES DARWIN PUBLICÓ EN 1875 UN LIBRO TITULADO *PLANTAS INSECTÍVORAS*, EL PRIMER TRATADO SOBRE LO QUE NORMALMENTE CONOCEMOS COMO PLANTAS CARNÍVORAS Y LAS CALIFICÓ DE «LAS PLANTAS MÁS MARAVILLOSAS DEL MUNDO».

DESDE entonces se han descubierto unos veinte géneros de plantas carnívoras distribuidas en diez familias diferentes. Estos vegetales solo subsisten, por una relación coste-beneficio, en terrenos bien iluminados —pues no consiguen la energía de sus presas, sino de la fotosíntesis—, con muy pocos nutrientes —lo que evita la competencia de otras especies— y con un régimen de humedad alta aunque sea estacional, —pues muchos de sus mecanismos requieren agua en cierta abundancia—. Gracias a su peculiar habilidad, las plantas carnívoras prosperan en lugares con poca

vegetación tales como turberas, arenales o afloramientos rocosos, donde el sustrato es especialmente pobre.

En los terrenos baldíos en los que crecen, las plantas carnívoras consiguen una parte o la casi totalidad de sus micronutrientes, en particular nitratos, fosfatos y sulfatos, tras atrapar animales, tanto microscópicos como macroscópicos. De estos últimos la inmensa mayoría de las presas son insectos, pero alguna especie, por ejemplo, *Nepenthes robcantleyi*, llega –según dicen algunos autores, aunque otros creen que son accidentes– a capturar y digerir vertebrados como anfibios o roedores. Algunas plantas de las mismas familias, como otras tres especies de *Nepenthes* que viven en la isla de Borneo, atraen a pequeños mamíferos, como murciélagos, ofreciéndoles su néctar y consiguen a cambio los excrementos de esos animales, que les proporcionan el abono nitrogenado que la planta necesita. En ese caso deberíamos hablar de plantas coprófagas, ‘comedoras de heces’, y no de carnívoras, pues el animalito sale indemne.

Las plantas carnívoras atraen a sus víctimas utilizando néctar, colores atractivos, mensajes aromáticos o –algo descubierto recientemente– señales fluorescentes. ¡Vamos!, como si fueran moteles de carretera. Una vez que la presa está en la planta, los trucos desarrollados para atraparla son muy diversos y asombrosos sin excepción. Podemos citar los siguientes:

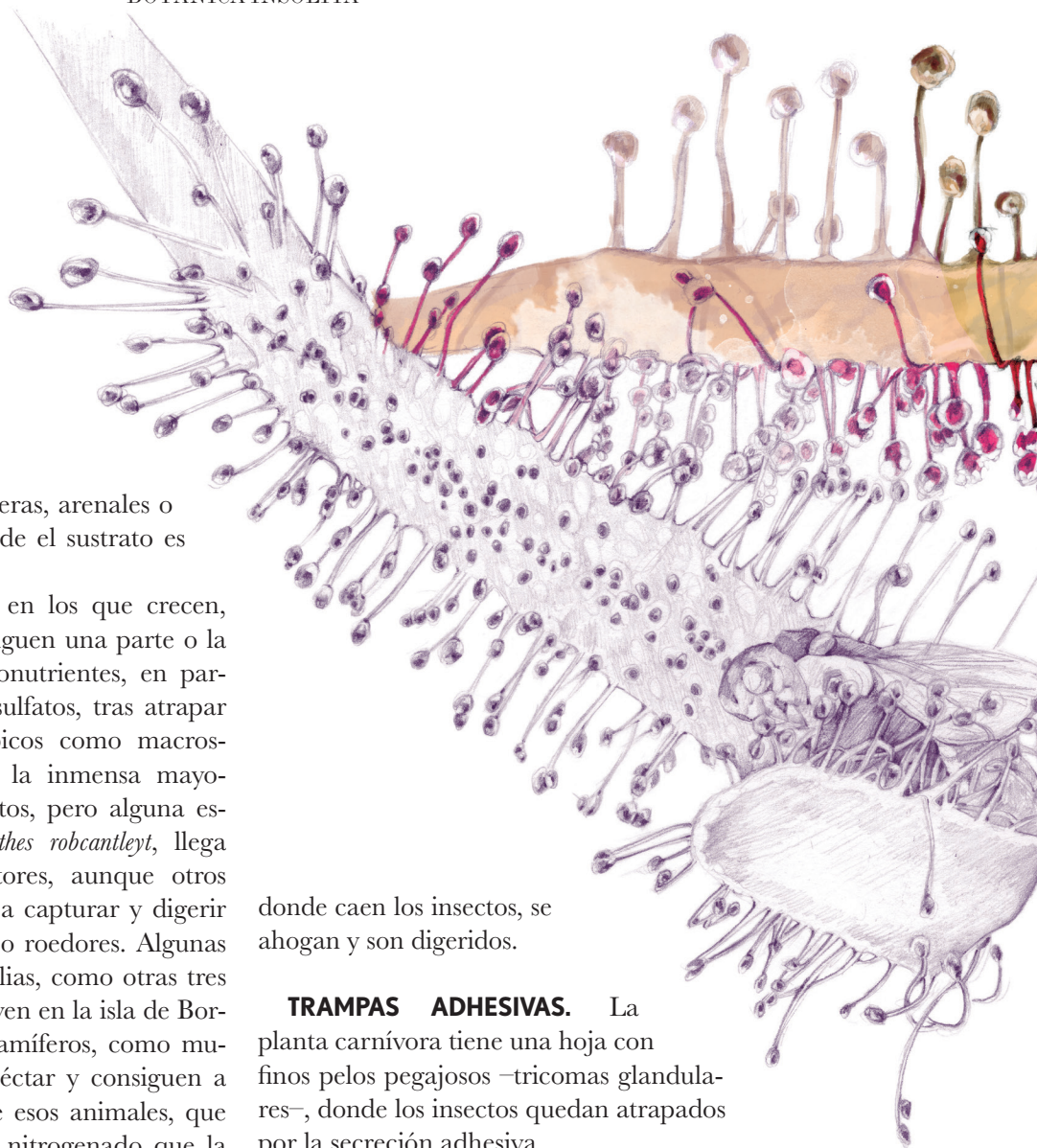
TRAMPAS DE CAÍDA. Algunas plantas tienen una hoja enrollada en forma de jarra o receptáculo, con o sin tapa, que contiene dentro un charco lleno de enzimas digestivas o de bacterias

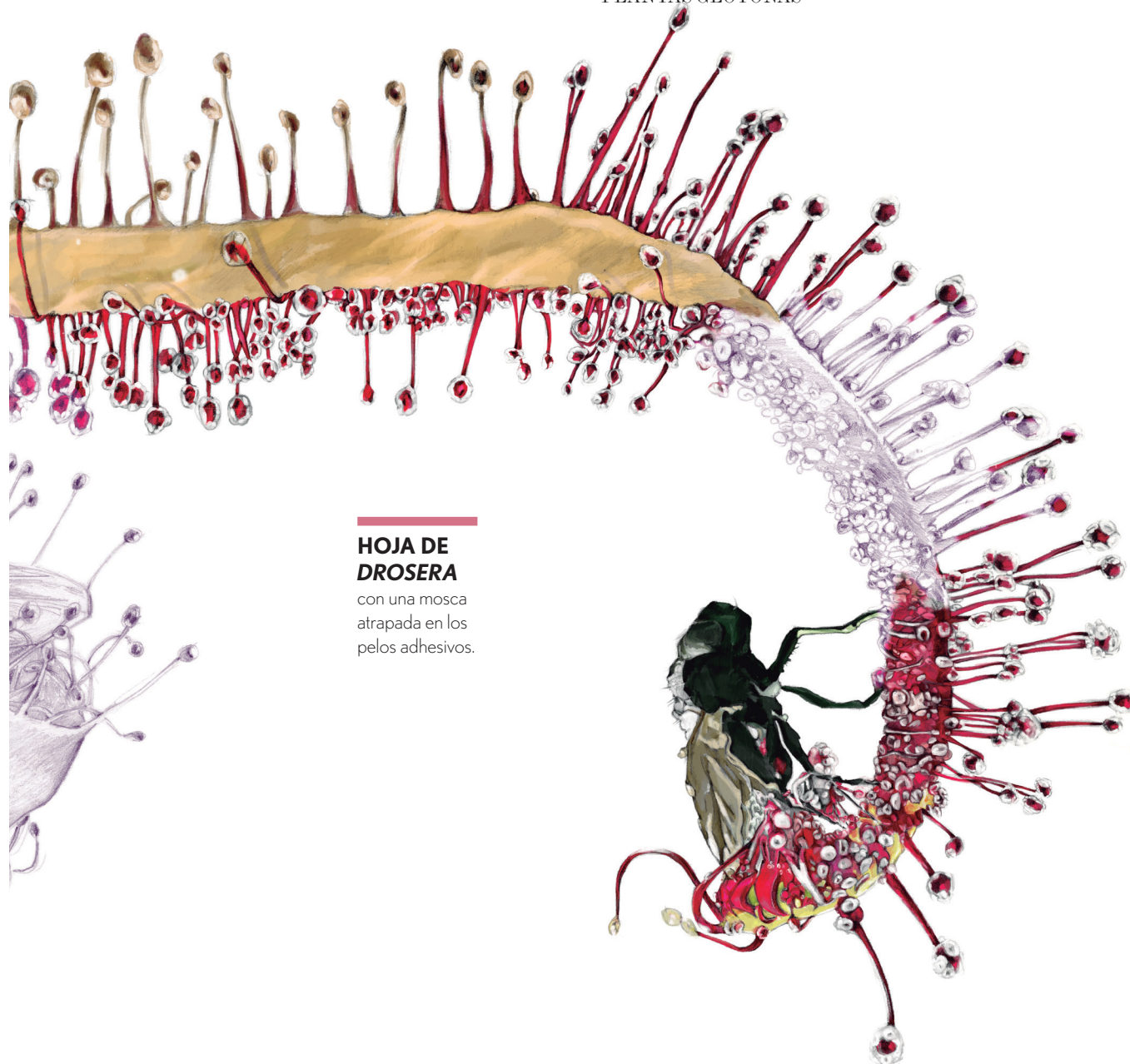
donde caen los insectos, se ahogan y son digeridos.

TRAMPAS ADHESIVAS. La planta carnívora tiene una hoja con finos pelos pegajosos –tricomas glandulares–, donde los insectos quedan atrapados por la secreción adhesiva.

TRAMPAS DE CEPO. Cuando la presa se posa en una hoja modificada y toca unos pelos sensitivos, la hoja se cierra bruscamente. Los bordes de las hojas pueden tener dentículos o expansiones para que el insecto no pueda escapar. El ejemplo mejor conocido es la drosera.

TRAMPAS DE VACÍO. La planta tiene numerosas vesículas con una pequeña trampilla. Las células vegetales bombean al exterior parte del agua del interior de la vesícula, lo que genera vacío, una presión negativa. Cuando un pequeño insecto nada cerca de la trampilla y roza los pelos, la trampilla se abre, y aspira agua y al desafortunado bicho. Luego la trampilla se cierra y comienza la digestión de la presa.





HOJA DE DROSERA
con una mosca atrapada en los pelos adhesivos.

TRAMPAS DE DESLIZAMIENTO. Algunas plantas tienen una disposición de finos pelos –tricomas filiformes– que hace que las gotas de lluvia se extiendan rápidamente y generen una superficie ultradeslizante en la que los insectos resbalan, cayendo en la zona de digestión.

TRAMPAS DE LANGOSTA. Son canales que tienen pelos oblicuos que impiden que la presa pueda retroceder y solo la dejan avanzar hacia el interior, donde le espera un órgano diges-

tivo. Algunas pulseras de las que te ponen en festivales de música o discotecas usan el mismo principio: se puede apretar pero no puedes aflojarla debido a la presencia de unas púas oblicuas con un diseño similar al que tienen estas trampas.

Una vez capturada la presa, las plantas carnívoras excretan enzimas digestivas, como proteasas, peptidasas, fosfatasas, estererasas, nucleasas o quitinasas, que liberan nutrientes de los cuerpos

de sus víctimas y, finalmente, la planta absorbe las moléculas resultantes de esta digestión.

No hace mucho se ha encontrado un nuevo sistema, totalmente diferente a los anteriores, que sucede en un lugar distinto, captura un tipo de animales diferentes y muestra una vez más la maravillosa diversidad y adaptación de las plantas.

La protagonista se llama *Philcoxia minensis*, una plantaginácea que vive en terrenos arenosos de los campos rupestres del Cerrado, una sabana tropical del centro de Brasil. Solo hay tres especies de *Philcoxia*; las tres son endémicas brasileñas, y viven en oasis de arena blanca y profunda situados entre la vegetación típica de la zona. Las *Philcoxia* tienen un sistema radicular muy poco desarrollado y sin micorrizas, tallos subterráneos de los que surgen unas inflorescencias altas con flores de color lila o azul y hojas pequeñas (0,5-1,5 mm de diámetro), plegadas cuando son jóvenes, que tienen en su haz, la parte superior, numerosos tricomas glandulares. Una característica llamativa adicional es que muchas de sus diminutas hojas se sitúan bajo la superficie de la blanca arena en la que crece la planta. Los tricomas glandulares de las hojas producen una sustancia pegajosa que une con fuerza granos de arena en su superficie.

Al poco de descubrirlas se pensó que las *Philcoxia* podían ser carnívoras: una razón era su hábitat muy pobre en nutrientes y otra, esos pelos glandulares pedunculados pareci-

Las plantas carnívoras necesitan proteínas para sobrevivir

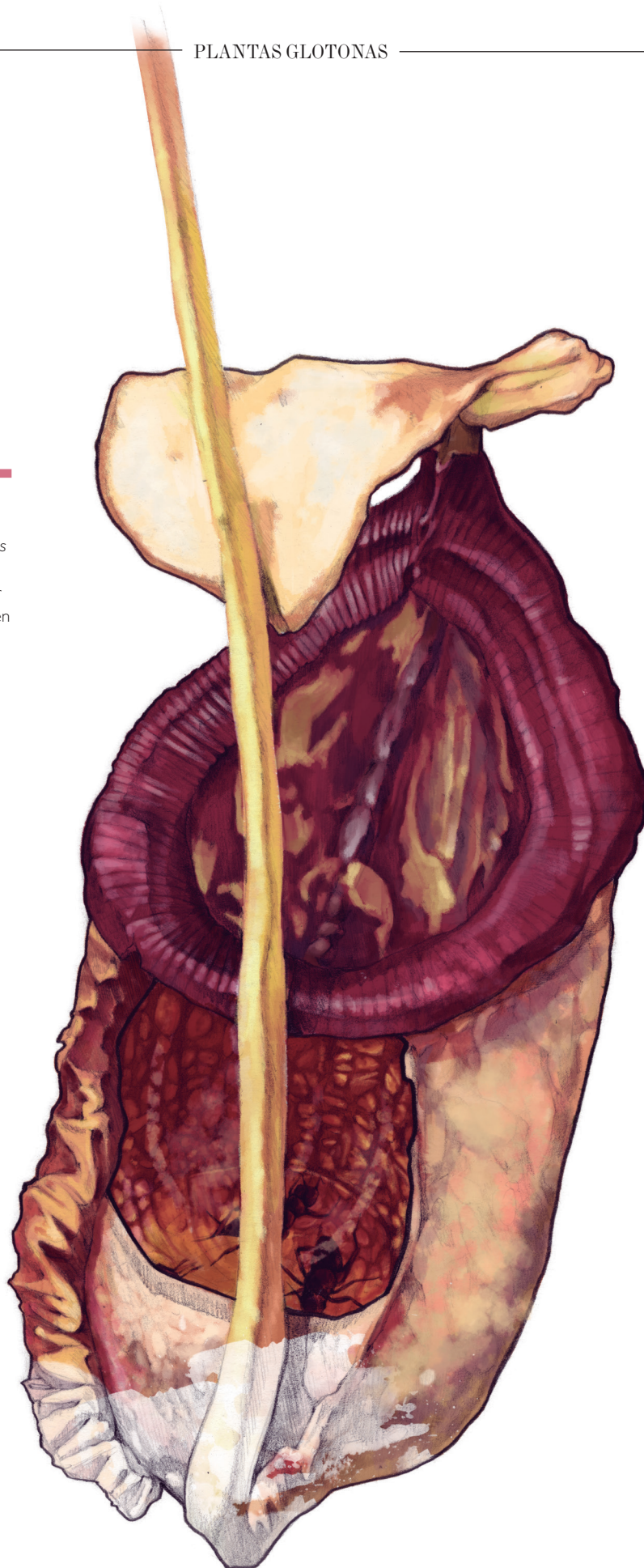
dos a los que presentan a menudo estas plantas para atraer a los insectos; pero había dos datos importantes en contra: las hojas no mostraban ningún tipo de actividad o trampa carnívora y tampoco se veían alrededor los restos de ningún insecto.

Lo siguiente que se pensó fue que quizá las plantas

devorasen organismos microscópicos, como hacen *Utricularia* o *Genlisea*, otros dos géneros de plantas carnívoras. Para ver si era así se buscaron enzimas proteasas, las que hacen la digestión de las proteínas para obtener los compuestos nitrogenados que contienen esos microorganismos. No se detectó actividad proteásica pero cabían otras posibilidades: podía ser una carnívora estacional, que solo sintetizase proteasas en ciertos meses del año; podía tener otras enzimas para obtener otros micronutrientes; o quizá no era carnívora y simplemente colocaba las hojas bajo la superficie como protección contra la intensa luz y el calor de esas zonas tórridas.

Lo que se descubrió tras un análisis detallado es que las hojas de *Philcoxia minensis* —el nombre proviene de que es endémica del estado de Minas Gerais— son capaces de hacer la fotosíntesis por la luz que penetra entre los granos de arena, pero, además, son pegajosas, y atrapan y digieren nematodos, un tipo de gusanos microscópicos presentes en el suelo. También se vio que producían fosfatasas, otra enzima típica de las plantas carnívoras y que le permitirían obtener fosfatos de sus víctimas. Se pensó que quizá los nematodos estuviesen ali-

**TRAMPA DE
CAÍDA** de *Nepenthes
robcantley*, con una
sección abierta para ver
los insectos ahogados en
su interior.



mentándose de las hojas, pero no es así pues todos los que estaban adheridos a las hojas aparecían muertos. Una segunda posibilidad, que también fue necesario excluir, es que *Philcoxia* pudiera estar atrapando los nematodos para fertilizar el suelo alrededor de ella pero en ese caso no sería una planta realmente carnívora. Para solventar esta duda, los investigadores criaron en el laboratorio nematodos y los marcaron con nitrógeno-15, un isótopo radioactivo. Añadiendo los nematodos marcados a los ejemplares de *Philcoxia* se pudo ver que el nitrógeno-15 se detectaba rápidamente en las hojas, lo que indicaba que los nematodos eran atrapados, digeridos y absorbidos por la planta en un proceso rápido y selectivo. Era, por tanto, un nuevo tipo de planta carnívora, que aprovecha un tipo de presa diferente –los nematodos– y captura sus presas por debajo de la superficie del terreno.

El carnivorismo de las plantas se considera un método poco eficaz para conseguir micronutrientes. Eso explicaría que solo el 0,2 % de las plantas con flor sean carnívoras y únicamente prosperen en suelos muy pobres donde la competencia es muy baja. Sin embargo, la presencia de presas microscópicas, la rareza de las especies (*Philcoxia* se describió por primera vez en el año 2000) o la presencia de mecanismos ocultos de captura y digestión, como estas trampas adhesivas subterráneas, puede hacer que el número real sea mayor de lo que creemos. Hay tests preliminares en algunas plantas muy conocidas que podrían ser carnívoras, como los geranios (*Geranium*), las petunias (*Petunia*), los cardos (*Dipsacus*) y las potentillas (*Potentilla*). Va a dar un poco de miedo regar las macetas.

PARA LEER MÁS

G. Allen, «Worm-eating plant discovered in Brazil traps prey on its sticky underground leaves», *Mail Online*, 11 de enero de 2012. <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2085079/Worm-eating-plant-Philcoxia-minensis-discovered-Brazil-traps-prey-sticky-underground-leaves.html> Acceso el 15 de julio de 2016.

U. Bauer, M. Scharmann, J. Skepper, W. Federle, «“Insect aquaplaning” on a superhydrophilic hairy surface: how *Heliamphora nutans* Benth. pitcher plants capture prey», *Proc Biol Sci*, 280(1753), 2012, p. 20122569.

E. Król, B.J. Plachno, L. Adamec, M. Stolarz, H. Dziubiska, K. Trebacz, «Quite a few reasons for calling carnivores “the most wonderful plants in the world”», *Ann Bot*, 109(1), 2012, pp. 47-64.

R. Kurup, A.J. Johnson, S. Sankar, A.A. Hussain, C. Sathish Kumar, B. Sabulal, «Fluorescent prey traps in carnivorous plants», *Plant Biol (Stuttg)*, 15(3), 2013, pp. 611-615.

C.G. Pereira, D.P. Almenara, C.E. Winter, P.W. Fritsch, H. Lambers, R.S. Oliveira, «Underground leaves of *Philcoxia* trap and digest nematodes», *Proc Natl Acad Sci USA*, 109(4), 2012, pp. 1154-1158.





— 02 —

HOJAS Y ENERGÍA LIMPIA

EL ÉXITO CON EL SUMINISTRO ENERGÉTICO EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS VA A MARCAR EL FUTURO DE NUESTRA CIVILIZACIÓN. EL DECLIVE DE LOS YACIMIENTOS DE COMBUSTIBLES FÓSILES, EL AUMENTO DE LA POBLACIÓN Y EL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PER CÁPITA PUEDEN CAUSAR GRAVES TENSIONES SOCIALES, POLÍTICAS Y ECONÓMICAS.

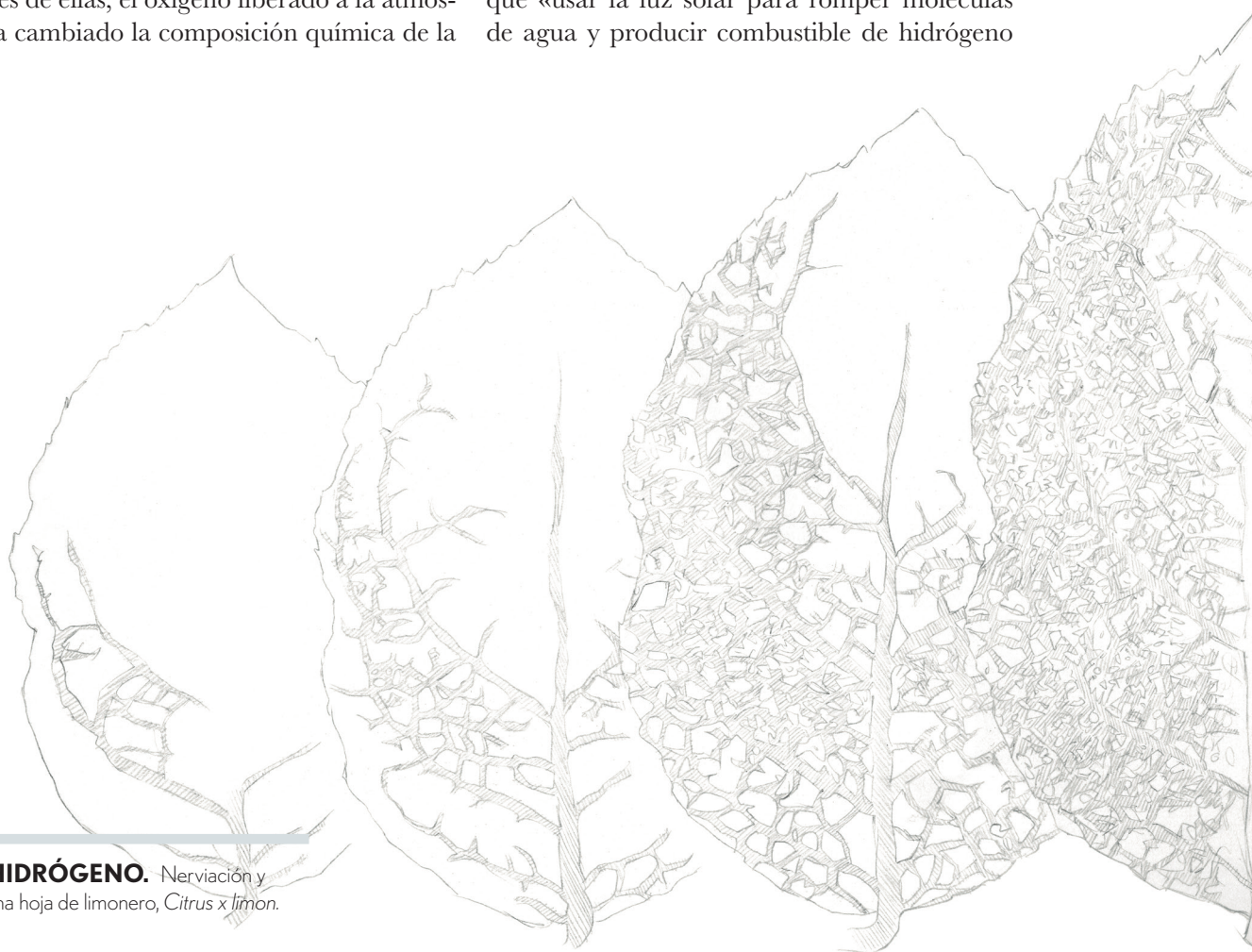
NADIE duda que una de las fuentes energéticas más prometedoras es el hidrógeno, ya que se trata de una energía limpia y con un origen ubicuo, barato y casi eterno: el agua. De ahí la excitación que se produjo pensando en las posibilidades de viajar por nuestro sistema solar cuando se vieron pruebas que demostraban la presencia de agua fuera de nuestro planeta, en la Luna y en Marte, y con ello la posible obtención química de hidrógeno. Pues bien, en

este planeta, en la Tierra, hay un grupo de seres que consiguen hidrógeno del agua en cantidades ingentes: las plantas.

Las hojas de las plantas han evolucionado durante millones de años para capturar la energía solar de una forma altamente eficiente. Las hojas son una de las adaptaciones evolutivas más sobresalientes y dominan la superficie del planeta como muy pocas otras estructuras biológicas. A través de ellas, el oxígeno liberado a la atmósfera ha cambiado la composición química de la

superficie terrestre, y los azúcares producidos a partir de la energía solar y el dióxido de carbono son el sustrato de casi toda la vida en este planeta, incluida, por supuesto, la nuestra.

Un grupo de investigadores de la Universidad Jiao Tong, de Shanghái, ha decidido aprovechar la estructura tisular de las hojas para producir minifábricas de hidrógeno. El investigador principal, Tongxiang Fan, ha dicho que «usar la luz solar para romper moléculas de agua y producir combustible de hidrógeno

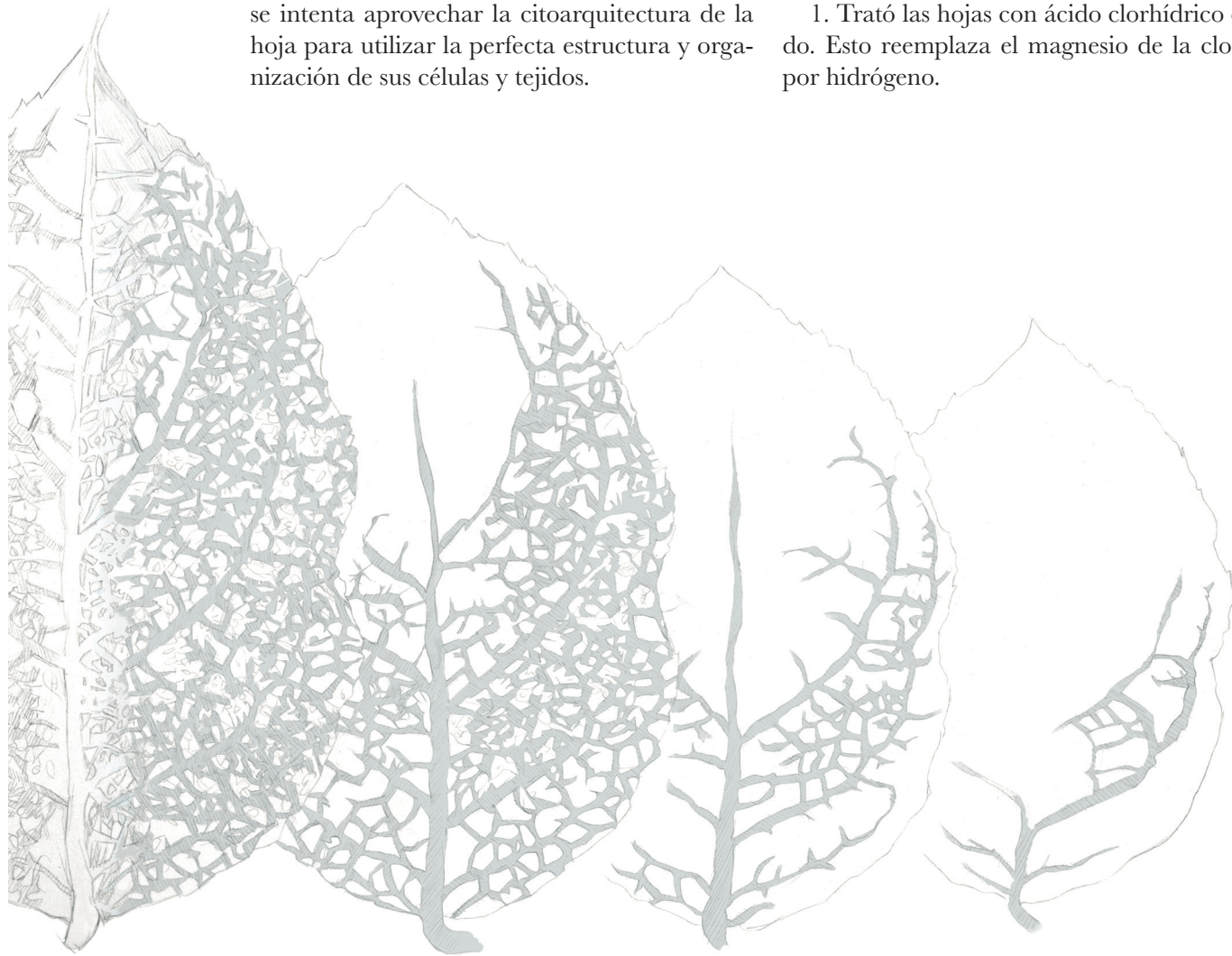


FÁBRICA DE HIDRÓGENO. Nerviación y mineralización de una hoja de limonero, *Citrus x limon*.

es una de las tácticas más prometedoras para abandonar nuestra dependencia de los hidrocarburos». Hasta ahora, lo que se intentaba era copiar el sistema molecular de la fotosíntesis modificando o imitando las moléculas que hacen la fijación de dióxido de carbono y la hidrólisis con la consiguiente liberación de oxígeno e hidrógeno. Ahora se va un paso más allá y se intenta aprovechar la citoarquitectura de la hoja para utilizar la perfecta estructura y organización de sus células y tejidos.

Aunque parezca sencilla como un folio de papel, la hoja es un órgano con una compleja estructura tridimensional, pesa poco, facilita el intercambio de gases y aprovecha al máximo la luz incidente. Fan ha utilizado las hojas como un molde espacial de estructuras catalíticas artificiales, del siguiente modo:

1. Trató las hojas con ácido clorhídrico diluido. Esto reemplaza el magnesio de la clorofila por hidrógeno.



2. Pasó las hojas por tricloruro de titanio, que reemplaza ese hidrógeno con titanio.

3. Secó las hojas y las calentó a 500 °C para eliminar la materia orgánica.

Lo que este proceso consigue es formar una matriz de dióxido de titanio con una disposición tridimensional que remeda la arquitectura foliar. El dióxido de titanio se usa en las placas solares y en la hoja artificial cataliza la ruptura de las moléculas de agua, que da lugar a hidrógeno y oxígeno.

Entre las características originales de la hoja que se mantienen están la disposición celular en forma de lente de la epidermis foliar, la superficie de la hoja, que captura luz proveniente de cualquier ángulo y la estructura de venas que ayuda a guiar la luz hacia el interior de la hoja, aprovechando al máximo su volumen. Las réplicas también mantienen detalles subcelulares, como son los tilacoides, sacos membranosos donde tiene lugar la fotosíntesis, con un espesor de 10 nm y una amplia distribución dentro de los cloroplastos. Esta disposición microscópica incrementa enormemente la superficie de acción de los cataliza-

dores de titanio. La publicación de Fan en la revista *Advanced Materials* indica que las estructuras foliares artificiales, en comparación con la preparación comercial de dióxido de titanio usada hasta ahora (p. 25), absorben más del doble de luz y producen más del triple de hidrógeno.

El mismo grupo de investigación ha estudiado las alas de las mariposas a fin de diseñar paneles solares más avanzados. Al comienzo del día, las mariposas usan las alas para calentarse aprovechando la radiación solar. Las alas están recubiertas de unas pequeñas escamas rectangulares y alargadas, con una disposición parecida a las tejas de una techumbre. Los bordes de cada escama están ligeramente levantados y las paredes absorben las longitudes de onda más

Las hojas pueden ser minifactorías de hidrógeno

largas, mientras que las radiaciones de longitud de onda más corta llegan hasta una membrana situada por debajo de las escamas. Con esta combinación consiguen el máximo aprovechamiento de la superficie y duplican la captación de radiación solar. La mariposa lo usa para calentarse con rapidez en una mañana fría y copiar esa estructura nos puede llevar a paneles solares con mayor rendimiento energético. Y es que la biología es una maravilla.

PARA LEER MÁS

S.N. Bhanoo, «Solar Energy Inspiration From Butterflies», *New York Times*, 2 de abril de 2012.

M. Inman, «Artificial leaf could be a green source of hydrogen», *New Scientist*, 205(2742), 2010, p. 21.

H. Zhou, X. Li, T. Fan, F.E. Osterloh, J. Ding, E.M. Sabio, D. Zhang, Q. Guo, «Artificial inorganic leaves for efficient photochemical hydrogen production inspired by natural photosynthesis», *Advanced Materials*, 22(9), 2010, pp. 951-956.

«La fotosíntesis artificial el futuro de las renovables», *Twenergy*, 20 de agosto de 2012. Obtenido de <http://twenergy.com/energias-renovables/la-fotosintesis-artificial-el-futuro-de-las-renovables-103>. Acceso el 15 de julio de 2016.