



UNAM
*Nuestra gran
Universidad*



IER
Instituto de Energías
Renovables

Año 4, Número 7, septiembre-diciembre. Publicada el 7 de septiembre de 2026

LA RENOVABLE

Microalgas en tu piel

De la cáscara al agua limpia: ciencia con sabor a naranja

Reinventando el carbón del futuro con sol y plasma

Dr. Miguel Robles Pérez: ¿Cómo contribuye el IER a la transición energética justa en México y el mundo?

Funcionalidades interactivas

Pensando en tu comodidad, hemos diseñado esta revista digital con diversas funcionalidades interactivas que transformarán tu experiencia de lectura en algo dinámico, fluido y fácil de explorar.

La tabla de contenido te permite desplazarte de manera ágil entre los temas. Solo haz clic o toca los títulos o números de página para ir directamente al contenido.

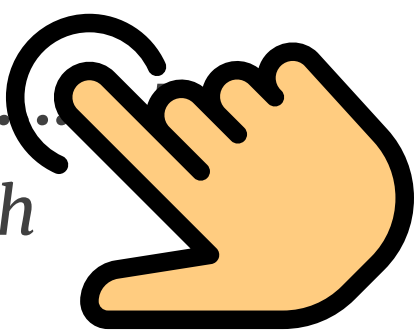
Las imágenes superiores también funcionan como accesos rápidos a los temas más relevantes. Un solo toque y estarás allí.



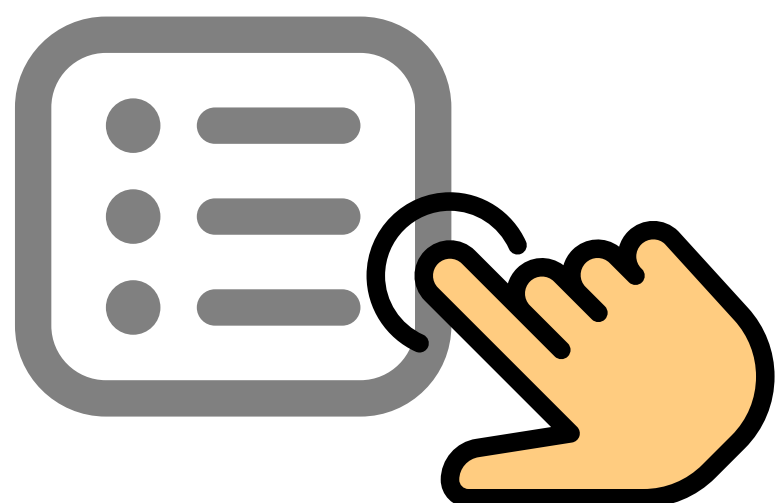
Contenido

Tendencias actuales

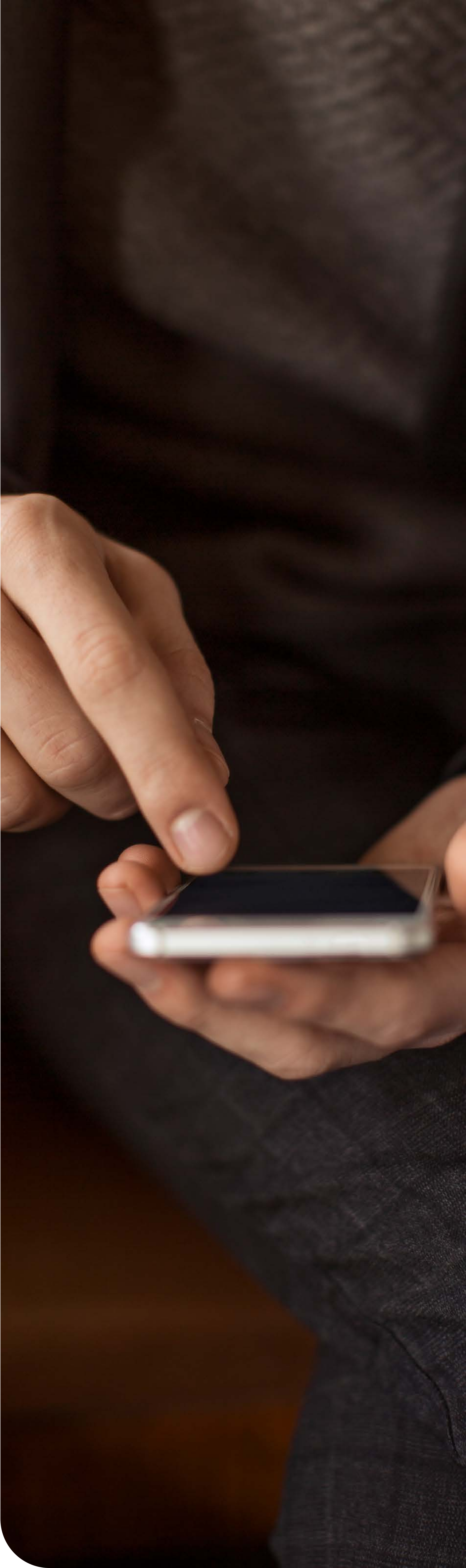
- De la cáscara al agua limpia: ciencia con sabor a naranja.
Odín Reyes Vallejo, Francisco J. Cano y Pathiyamattom Joseph Sebastian
- Microalgas en tu piel10
Dulce María Ruiz González



Y para que nunca te pierdas, hemos incorporado un botón en la esquina inferior derecha que te llevará de vuelta a la tabla de contenidos desde cualquier página.



Esperamos que disfrutes de esta publicación que con mucha dedicación hemos creado para ti.



Directorio

UNAM

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Rector

Dr. Javier de la Fuente Hernández
Secretario General

Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez
Secretario Administrativo

Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz
Secretaría de Desarrollo Institucional

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo
Secretario de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria

Mtro. Hugo Alejandro Concha Cantú
Abogado General

Dra. María Soledad Funes Argüello
Coordinadora de la Investigación Científica

Lic. Mauricio López Velázquez
Director de Comunicación Social

Instituto de Energías Renovables
Dr. Miguel Robles Pérez
Director

Dr. Osvaldo Rodríguez Hernández
Secretario Académico

Lic. Celeste Morales Santiago
Secretaría de Gestión Tecnológica y Vinculación

Lic. Daniela P. Juárez Bahena
Jefa de la Unidad de Comunicación de la Ciencia

La Renovable
Mtra. Nicté Yasmín Luna Medina
Editora

Mtro. C. David Leal Fulgencio
Asistente editorial

Lic. Daniela P. Juárez Bahena
Encargada de promoción y difusión

EsBrillante
Diseño gráfico

Kevin Alquicira Hernández
Webmaster

Consejo Editorial
Dra. Julia Tagüña Parga
Dr. Mariano López de Haro
Fis. Juan Tonda Mazón
Dra. Marina Elizabeth Rincón González
Dr. Sergio Cuevas García
Dra. Gabriela Frías Villegas
Dr. Eduardo Ramos Mora
Mtra. Luisa Fernanda González Arribas
Dr. Jesús Antonio del Río Portilla
Dra. Dulce María Arias Lizárraga

Año 4, Número 7, septiembre-diciembre 2026 es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 045510, Ciudad de México, a través del Instituto de Energías Renovables. Domicilio: Privada Xochicalco S/N Temixco, Morelos, México C.P. 62580. Teléfonos: (52) 777 362 0090 (ext. 29744) y (52) 555 622 9744 <https://www.ier.unam.mx/LaRenovable.html>, larenovable@unam.mx.

La Renovable © 2026 del Instituto de Energías Renovables de la UNAM tiene licencia CC BY-NC-SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Editora responsable: Nicté Yasmín Luna Medina. Certificado de Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2023-012010580600-102. ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Instituto de Energías Renovables, Privada Xochicalco S/N Temixco, Morelos, México C.P. 62580, fecha de la última modificación, 27 de marzo.

El contenido de los artículos es responsabilidad de las personas autoras y no refleja el punto de vista del Consejo Editorial o de la UNAM. Se prohíbe la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados por cualquier medio sin la autorización expresa de las personas editoras.

Contenido

Tendencias actuales

- De la cáscara al agua limpia: ciencia con sabor a naranja.....5
Odín Reyes Vallejo, Francisco J. Cano y Pathiyamattom Joseph Sebastian
- Microalgas en tu piel10
Dulce María Ruiz González

Energía y sociedad

- El señor Galicia aprovecha el sol para el riego de su parcela 15
Ulises Dehesa Carrasco, Jonathan Ibarra Bahena y José Agustín Breña Naranjo

Ventana a las energías renovables

- Creando un *snack* solar : la ciencia detrás de una botana saludable.....18
Paulina Guillén Velázquez, Yoav Salvador Pérez Delgado y Octavio García Valladares
- Reinventando el carbón del futuro con sol y plasma..... 21
Claudia Karina Zagal Padilla, Ernesto Anguera Romero, Nidia Aracely Cisneros-Cárdenas, Sergio Alberto Gamboa Sánchez y Horacio Martínez Valencia
- Celdas solares de película delgada: una nueva ventana a la energía 25
Arelis Ledesma Juárez

Entrevista con

- Miguel Robles Pérez. ¿Cómo contribuye el IER a la transición energética justa en México y el mundo? 28
Alejandro Cerda Barroso

Renueva tus conocimientos

- El manual energético para gobernar el futuro 31
José Pérez García
- Reseña de película *El niño que domó el viento*33
Yuridiana Rocío Galindo Luna



Carta editorial

Lo que es basura para unas personas, para otras es un tesoro, dice el dicho. Y en parte, eso es lo que sucede en la investigación científica: mirar los residuos como algo que aún tiene valor y nuevas posibilidades.

En este número de La Renovable te contamos sobre algunas de esas posibilidades. Por ejemplo, las microalgas pueden ser materia prima para extraer compuestos para el cuidado de la piel; los residuos de poda pueden transformarse en biocarbón para otras aplicaciones, los desechos de naranja pueden utilizarse para obtener materiales capaces de limpiar el agua, y hasta una ventana puede convertirse en un espacio para generar electricidad.

También nos acercamos al campo para ver cómo se puede incorporar la energía solar fotovoltaica al riego en el campo mexicano. Y, desde otra perspectiva, exploramos cómo transformar las calabacitas en *snacks* solares con sabores que forman parte de nuestra cultura culinaria.

Este número presenta temáticas diferentes con algo en común: cambiar la mirada sobre lo que nos rodea para encontrar nuevos tesoros e impulsar innovaciones que contribuyan a la transición energética. 🌞

Nicté Luna
Editora

De la cáscara al agua limpia: ciencia con sabor a naranja

Odín Reyes Vallejo, Francisco J. Cano y Pathiyamattom Joseph Sebastian



Autoría situada: Dr. Odín Reyes-Vallejo es doctor en Ingeniería en Energía e investigador posdoctoral en el Cinvestav-IPN. Su trabajo se enfoca en el diseño de materiales funcionales para remediación ambiental y conversión de energía solar, con interés particular en rutas de síntesis sostenibles, biomasa residual, óxidos semiconductores, adsorción y fotocátalisis. (odin.reyes.v@cinvestav.mx). Dr. Francisco J. Cano es investigador en nanomateriales para el tratamiento y la remediación del agua, con doble doctorado en Física y en Nanociencias y Nanotecnología. Ha realizado investigación posdoctoral en el Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM)-UNAM sobre adsorbentes y fotocátalisis para la remoción de contaminantes. (francisco.cano@materiales.unam.mx). Dr. Pathiyamattom Joseph Sebastian es investigador en el Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su trabajo se enfoca en energía del hidrógeno, bioenergía, nanomateriales y tecnologías verdes, con una trayectoria internacional en física y ciencia de materiales (sjp@ier.unam.mx).

Una cáscara que no es solo basura

Imagina que compras un jugo de naranja. En pocos minutos queda el vaso lleno y una montaña de cáscaras sobre la mesa. Para muchas personas, esas cáscaras ya cumplieron su función. Para la ciencia, sin embargo, pueden representar algo muy distinto: una materia prima capaz de participar en la fabricación de nuevos materiales.

La cáscara de naranja contiene pectina, azúcares, ácidos orgánicos, aceites esenciales y compuestos fenólicos, como flavonoides. Algunos de estos compuestos son conocidos por su actividad antioxidante, pero también pueden comportarse como pequeñas herramientas químicas ^{[1][2]}. Por ejemplo, ciertas moléculas de la cáscara pueden actuar como «andamios» diminutos: ayudan a sostener y acercar los átomos de los metales para que se unan en un solo material, incluso cuando se buscan estructuras más complejas formadas por dos metales y oxígeno. Gracias a esta función, en estas rutas no es necesario usar ácidos fuertes ni otros reactivos auxiliares que normalmente se emplean para disolver, estabilizar o favorecer la formación de ciertos materiales. Esto vuelve al proceso más amigable para quien lo realiza y más responsable con el ambiente, al evitar sustancias que pueden ser corrosivas, peligrosas o difíciles de manejar.

Dicho de forma sencilla, la cáscara no solo aporta materia orgánica, sino que también puede ayudar a organizar los ingredientes antes de que aparezca un material final. Gracias a estas propiedades, diferentes investigaciones han utilizado biomasa de naranja para preparar materiales como óxido de zinc-óxido de grafeno (ZnO-GO) ^[3], vanadato de bismuto (BiVO₄) ^{[4] [5]}, ferrita de cobre (CuFe₂O₄) ^[6] y ferrita de cobalto (CoFe₂O₄) ^[7], todos de interés en procesos ambientales relacionados con agua contaminada.

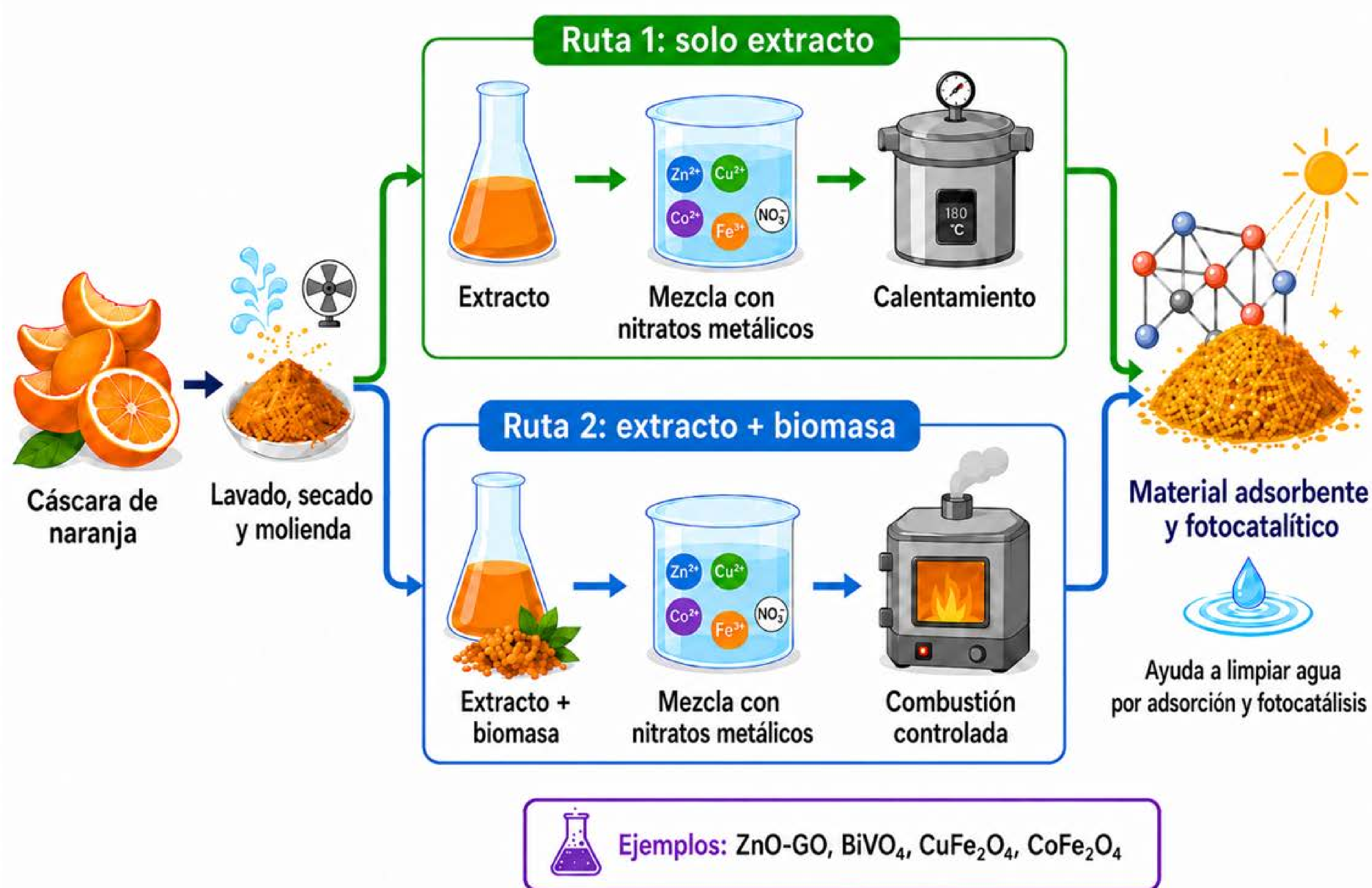


Figura 1. Representación de las rutas que se siguen para transformar la cáscara de naranja en material útil para contribuir a limpiar el agua por adsorción y fotocatalisis.

Dos rutas para aprovechar la biomasa

En el laboratorio, la cáscara de naranja puede aprovecharse de distintas maneras. Una de las más sencillas consiste en preparar una especie de «té químico»: se calienta la biomasa en agua u otro disolvente y después se separan los residuos sólidos. El líquido que queda es el extracto, una solución que conserva moléculas naturales de la cáscara. Estas moléculas pueden interactuar con los iones metálicos, el agua y el oxígeno presentes durante la reacción, ayudando a formar nuevos materiales.

Otra estrategia consiste en usar el extracto junto con parte de la biomasa. En este caso, la cáscara también se aprovecha como combustible: al calentar la mezcla, la materia orgánica de la biomasa se quema de forma controlada y libera energía. Esa energía ayuda a que los nitratos metálicos reaccionen entre sí para formar el material deseado sobre una matriz que ayuda a su dispersión.

No se trata de quemar basura sin control, sino de usar la propia cáscara como parte de la «receta» química que impulsa la formación del material.

¿Por qué importa esta diferencia? Porque en ambos casos la biomasa puede ayudar a que los iones metálicos se distribuyan mejor y formen materiales más homogéneos. Esto resulta especialmente importante cuando se buscan estructuras complejas donde varios elementos deben integrarse correctamente. Si la mezcla no se organiza de manera adecuada, pueden aparecer impurezas o materiales distintos a los deseados [4] [7]. Algo interesante es que, en algunos estudios, combustibles químicos tradicionales como la urea no lograron el mismo resultado. En esos casos, los elementos no se integraron como se esperaba en un solo material; en su lugar, aparecieron impurezas o compuestos diferentes a los que se buscaban [4] [7]. En cambio, la biomasa de naranja favoreció estructuras más adecuadas para aplicaciones de adsorción y fotocatalisis.

Dicho de otra manera, la química escondida en una cáscara puede, en ocasiones, organizar mejor la «receta» que algunos reactivos convencionales.

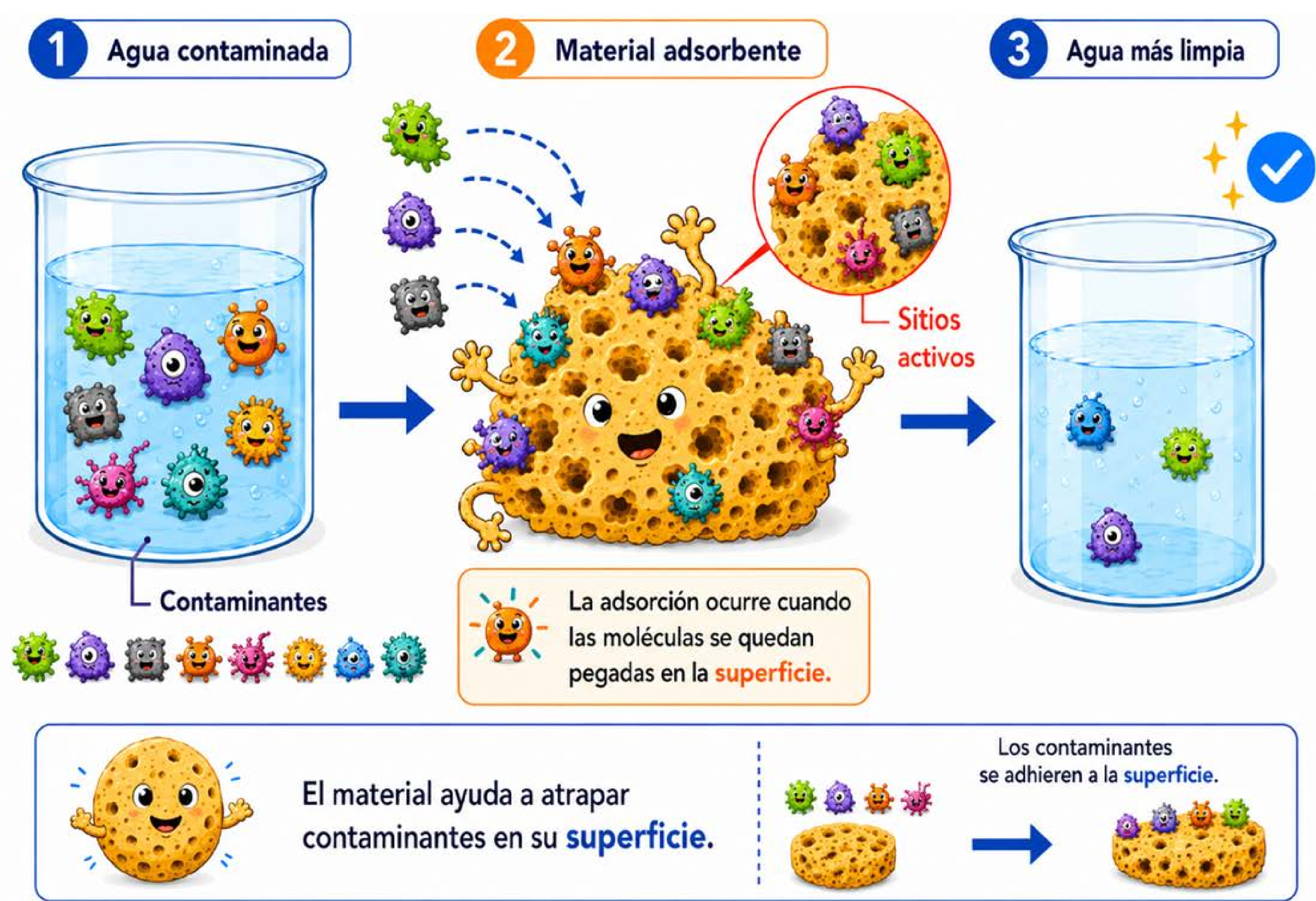


Figura 2. La imagen ilustra cómo en la adsorción los contaminantes (cuerpos pequeños de colores) se adhieren a la superficie del material (cuerpo amarillo grande) en pequeños sitios de retención (sitios activos), lo que ayuda a dejar el agua más limpia.

Materiales que atrapan contaminantes

Una de las estrategias más utilizadas para limpiar agua es la adsorción. Aunque suele confundirse con la absorción, no significan lo mismo. En la absorción, una sustancia entra al interior de otra. En la adsorción, en cambio, las moléculas del contaminante se quedan pegadas sobre la superficie del material, como si encontraran pequeños sitios donde adherirse. Muchos contaminantes presentes en el agua, como algunos colorantes sintéticos, pueden quedarse atrapados sobre la superficie de estos materiales fabricados con ayuda de la cáscara de naranja. Es como si la superficie tuviera pequeños lugares donde los contaminantes pueden pegarse. Mientras más adecuada sea esa superficie —por ejemplo, con poros, rugosidad o zonas químicas que los atraigan—, mayor puede ser su capacidad para limpiar el agua.

Aquí la biomasa vuelve a desempeñar un papel importante: durante la síntesis, puede favorecer superficies más irregulares, partículas más pequeñas o pequeñas partes químicas en la superficie que ayudan a atrapar contaminantes [3] [5] [6]. En materiales como zinc-óxido de grafeno, por ejemplo, la presencia de óxido de grafeno asociada al uso de extracto de naranja ayudó a mejorar la interacción con colorantes [3]. En ferritas de cobre y de cobalto [6] [7] también pueden existir zonas de la superficie que atraen a los contaminantes y ayudan a retenerlos.

Materiales que despiertan con la luz

La otra parte de esta historia es la fotocatálisis. En palabras sencillas, ocurre cuando un material aprovecha la luz para propiciar reacciones químicas útiles. Podemos imaginarlo como una superficie que permanece tranquila en la oscuridad, pero que se activa cuando recibe energía luminosa. Cuando un material fotosensible absorbe luz, se generan pequeñas cargas eléctricas dentro del material. Estas cargas pueden reaccionar con moléculas de agua y oxígeno para producir moléculas muy activas, capaces de atacar contaminantes. Posteriormente, esas moléculas activas participan en la degradación de contaminantes y ayudan a transformarlos en compuestos más simples y menos nocivos.

En el laboratorio, suelen emplearse colorantes como azul de metileno o verde de malaquita como contaminantes modelo. Esto significa que se usan como ejemplos iniciales para probar si el material puede atrapar o degradar moléculas presentes en el agua. La ventaja es que estos colorantes tienen colores intensos, por lo que es más fácil seguir su disminución durante el experimento. Sin embargo, la idea no se limita a colorantes: estos estudios ayudan a entender procesos que después pueden explorarse con otros contaminantes, como compuestos orgánicos, residuos de medicamentos o incluso metales presentes en agua contaminada.

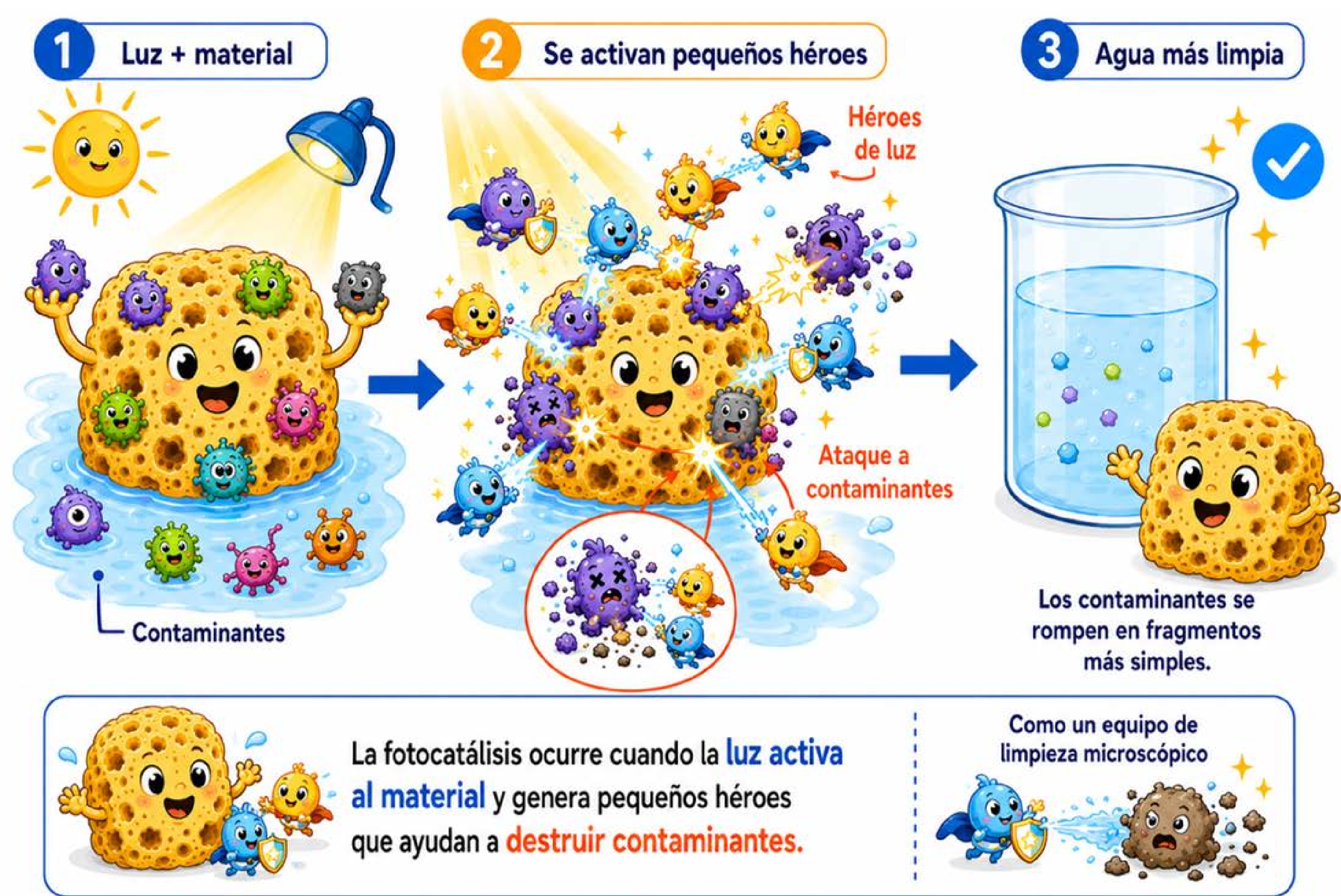


Figura 3. La imagen ilustra cómo con ayuda de la luz, el material se activa y genera pequeñas moléculas activas que atacan los contaminantes hasta romperlos en fragmentos más simples.

La cáscara de naranja también puede influir cuando el material se activa con luz. Además de participar en su formación, puede modificar su superficie, dejar pequeñas especies carbonosas o generar pequeñas imperfecciones en el acomodo interno del material [4] [5] [7]. Aunque la palabra «defecto» suele sonar negativa, en estos materiales puede ser útil. Algunas imperfecciones ayudan a que los electrones viajen mejor cuando el material recibe luz y evitan que se pierdan antes de llegar a la superficie, donde ocurren las reacciones que degradan contaminantes. Así, el material puede aprovechar mejor la energía luminosa para transformar contaminantes en compuestos más simples y menos nocivos.

No es magia verde: es química con retos

Aunque usar cáscara de naranja vuelve el proceso más atractivo ambientalmente, no significa que sea completamente «verde» ni que todos los problemas estén solucionados. En realidad, todavía se utilizan reactivos químicos, procesos de calentamiento y varios lavados con agua. Además, no basta con obtener un polvo al final del proceso: es necesario analizarlo para comprobar que tiene las características esperadas y que puede cumplir la función para la que fue diseñado.

También quedan preguntas por responder. La mayoría de los experimentos se realizan en

condiciones controladas, pero el agua contaminada que encontramos en ríos, lagunas o descargas industriales es más compleja. En una muestra real pueden estar presentes diversos contaminantes, como colorantes, sales, materia orgánica y muchos otros de manera simultánea. Todo esto podría cambiar el desempeño del material. Por eso es necesario preguntarse: ¿funcionaría igual en agua real?, ¿podría reutilizarse varias veces sin perder eficiencia?, ¿sería fácil recuperarlo después de cada uso?, ¿el gasto de energía para producirlo seguiría siendo razonable si se quisiera fabricar a mayor escala?

Estas preguntas no son una debilidad del trabajo; al contrario, muestran que la investigación todavía tiene camino por recorrer. En ciencia, un resultado prometedor no es el punto final. Casi siempre es el inicio de nuevos experimentos, de comparar con otros materiales, de reconocer las limitaciones y de evaluar si aquello que funcionó en el laboratorio podría algún día usarse en condiciones reales.

Una segunda oportunidad para la biomasa

La cáscara de naranja es un buen ejemplo de cómo algo que vemos como basura puede tener un valor distinto. Lo que muchas veces termina en el bote de desechos contiene compuestos capaces de participar en procesos químicos importantes. Aprovecharlos abre la puerta al

desarrollo de materiales que pueden, por ejemplo, remover contaminantes del agua o activar procesos de limpieza mediante la luz. Y no es todo. Hoy también se investigan materiales obtenidos a partir de residuos agrícolas para producir hidrógeno, transformar dióxido de carbono en compuestos útiles, fabricar sensores e incluso para aplicaciones biomédicas. Muchas de estas ideas todavía están en desarrollo, pero todas parten de una misma visión: los residuos no siempre son solo un problema; también pueden ser parte de la solución.

Quizá la próxima vez que tengas una naranja en las manos mires su cáscara de otra manera. Seguirá siendo un residuo, sí, pero también puede ser una materia prima con potencial. La ciencia muchas veces avanza así: mirando con atención aquello que parece común y encontrando posibilidades donde antes solo veíamos desperdicio. 🌱

Nota: Figuras generadas con apoyo de Chat-GPT / DALL·E, OpenAI, a partir de *prompts* elaborados por los autores. Las imágenes fueron revisadas y adaptadas por los autores para fines de divulgación científica.

Referencias

[1] F. M. Barrales *et al.*, «Recovery of phenolic compounds from citrus by-products using pressurized liquids—An application to orange peel», *Food Bioprod. Process.*, vol. 112, pp. 9–21, 2018.

[2] N. M’hiri, I. Ioannou, N. Mihoubi Boudhrioua, and M. Ghoul, «Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel», *Food Bioprod. Process.*, vol. 96, pp. 161–170, 2015.

[3] R. Sánchez-Albores, F. J. Cano, P. J. Sebastian, and O. Reyes-Vallejo, «Microwave-assisted biosynthesis of ZnO-GO particles using orange peel extract for photocatalytic degradation of methylene blue», *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 10, Art. no. 108924, 2022.

[4] O. Reyes-Vallejo *et al.*, «BiVO₄ synthesized by the combustion method: a comparison between orange peel powder and urea used as fuel», *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.*, vol. 35, Art. no. 1245, 2024.

[5] O. Reyes-Vallejo *et al.*, «Acid-free solvothermal synthesis of BiVO₄-C hybrid photocatalysts from orange peel extract for enhanced visible-light dye degradation», *Ceram. Int.*, vol. 52, pp. 22292–22309, 2026.

[6] R. M. Sánchez-Albores *et al.*, «Eggshell-derived CaO-Cu-Fe₂O₄ nanocomposite for sustainable and highly efficient malachite green dye removal», *Colorants*, vol. 5, no. 2, Art. no. 11, 2026.

[7] O. Reyes-Vallejo *et al.*, «Orange peel-derived CoFe₂O₄ spinel: A sustainable nanocatalyst for dye removal, water splitting, and CO₂ reduction», *Sustain. Mater. Technol.*, vol. 47, Art. no. e01869, 2026.

Microalgas en tu piel

Dulce María Ruiz González

Autoría situada: Dulce María Ruiz González es doctoranda en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM e investiga sistemas sostenibles de producción de biomasa. Su trabajo busca extraer metabolitos de alto valor, como carotenoides, a partir de microalgas, desde el diseño de protocolos de laboratorio hasta el estudio de su potencial en la economía circular y biorrefinerías. Además de la investigación, le apasiona contar esa ciencia de formas que realmente le lleguen a las personas, y lo ha hecho diseñando talleres para públicos muy distintos.

Dany llegó a casa todavía con la adrenalina encima. Habían pasado horas fuera: en el transporte, en la fila, cantando con miles de personas que compartían exactamente lo mismo. Era fan del *k-pop* (género musical surcoreano) desde los catorce años, y los conciertos siempre la dejaban en ese estado extraño entre el cansancio y la euforia que cuesta describir.

Lo primero que hizo al llegar fue lo de siempre: su rutina de *skincare*.

Para ella no era un trámite ni tampoco una contradicción llegar de un concierto y ponerse a cuidar su piel. Era parte del mismo universo: el *k-pop* y el *k-beauty* (estilo de cuidado de la piel originado en Corea del Sur enfocado en mantenerla sana, hidratada y luminosa). Ambos comparten raíz, y Dany lo había internalizado así desde el principio. Había aprendido poco a poco de su dermatóloga, del *k-beauty* y de amigas con el mismo interés, hasta saber la diferencia entre un sérum y una esencia, y por qué el orden de aplicación no era un detalle menor.

Esa noche, con el frasco en la mano, algo en la etiqueta la detuvo: «con extractos de microalgas», se leía. Había comprado ese producto porque su dermatóloga se lo recomendó, ya



que su piel era propensa a enrojecerse. Nunca se había preguntado qué eran exactamente esas microalgas ni por qué estaban ahí, hasta ahora.

Abrió el chat de la IA que usaba para búsquedas, escribió la pregunta y empezó a leer (verificando, como le había enseñado su dermatóloga a hacer con cualquier información de salud).



Figura 1. Ilustración de rutina de skinkare con extracto de microalgas. Las microalgas conectan lo microscópico con lo global: del frasco de crema a la energía renovable, pasando por la química, la biología y el medio ambiente.

Un ingrediente con historia de millones de años

Las microalgas son organismos microscópicos acuáticos que realizan fotosíntesis: usan la luz solar para transformar agua y dióxido de carbono (CO₂) en energía química y biomasa. Llevan más de mil millones de años haciendo ese trabajo en silencio, mucho antes de que existieran los bosques. Viven en mares, lagos y ambientes húmedos, y forman la base de numerosas cadenas alimentarias; su importancia no se limita al aire que respiramos, también sostienen ecosistemas acuáticos enteros. Las hemos visto sin saberlo: son la capa resbaladiza y verdosa que se forma en las piedras de ríos poco profundos, el agua turbia que aparece en macetas regadas en exceso o el color verdoso de una pecera sin mantenimiento.

Al crecer, producen oxígeno y capturan CO₂, uno de los gases vinculados al cambio climático. Se estima que generan cerca del 50% del oxígeno que respiramos y fijan alrededor del 40% del CO₂ capturado globalmente cada año ^[1].

Dany pensó que era asombroso: organismos invisibles sosteniendo procesos fundamentales para toda la vida en la Tierra. Pero su sorpresa fue mayor cuando descubrió que esos mismos organismos también producen compuestos que pueden proteger la piel.

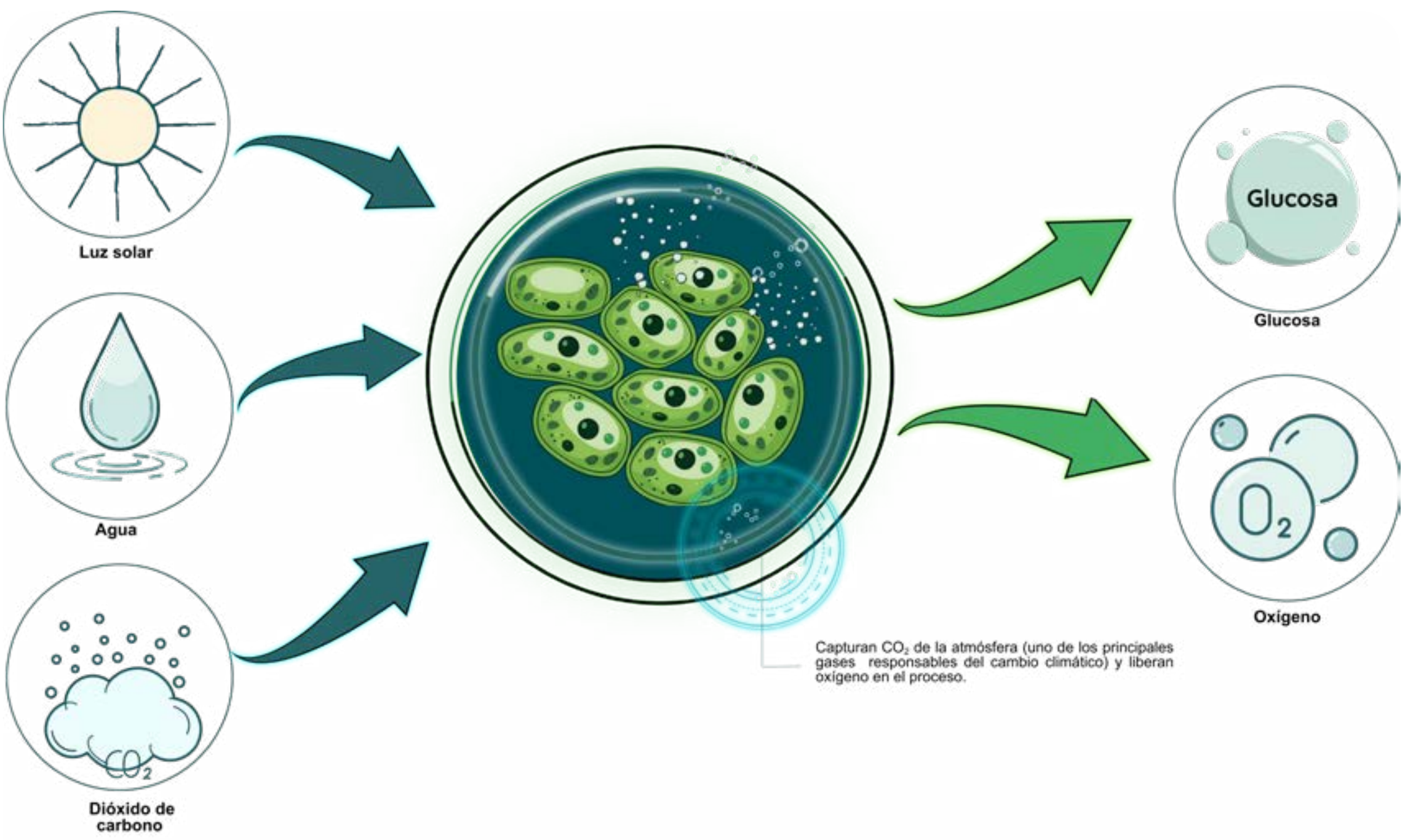


Figura 2. A través de la fotosíntesis, las microalgas convierten energía solar en compuestos útiles mientras capturan CO₂ de la atmósfera. Elaboración propia con información de [1].

¿Qué hace una microalga en tu crema?

El punto clave en la crema de Dany eran los carotenoides: pigmentos de tonos naranjas, amarillos y rojizos que las microalgas producen de manera natural, y que en muchas especies dan a sus colonias esa coloración característica visible a simple vista. No es casualidad que algunas especies se vean verdes brillantes, doradas o incluso rojizas: son precisamente los carotenoides y otros pigmentos los que definen ese color característico, y los mismos que después terminan en una crema. Funcionan como antioxidantes, es decir, su tarea es neutralizar los radicales libres, moléculas inestables que reaccionan con facilidad y pueden dañar células, proteínas e incluso el ADN, acelerando procesos como la inflamación y el envejecimiento de la piel. Estos radicales se originan por factores externos (radiación UV, contaminación, estrés) y también por el propio metabolismo del cuerpo; en otras palabras, la piel los enfrenta todos los días sin que lo notemos.

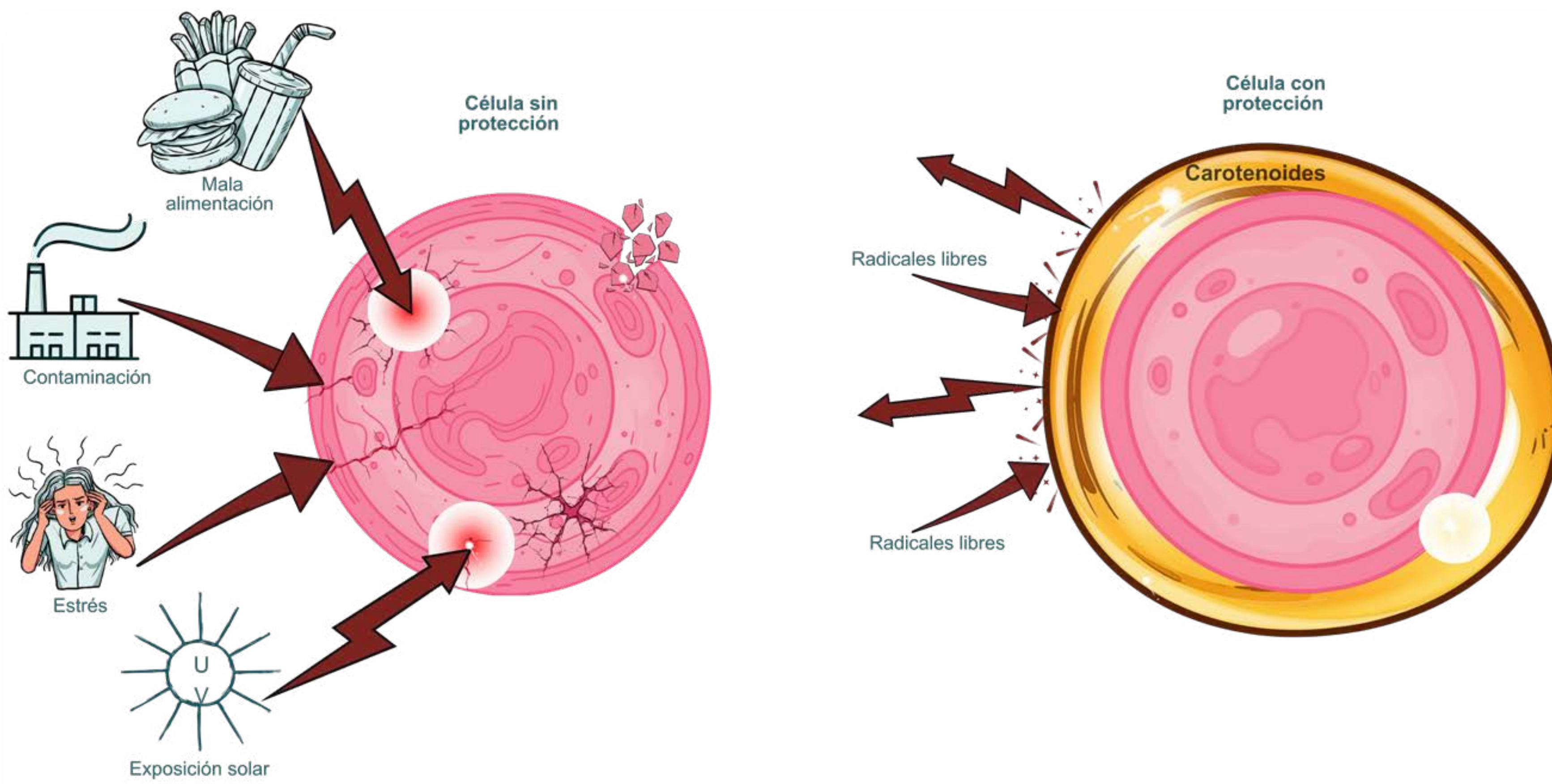


Figura 3. Los carotenoides de las microalgas actúan como escudo celular, neutralizando los radicales libres antes de que dañen el ADN y los tejidos. En la imagen de la izquierda vemos cómo los radicales libres (originados por radiación, contaminación, entre otros factores) atacan a la célula, como las de nuestra piel, por ejemplo. En la imagen de la derecha vemos cómo los carotenoides sirven como protección contra los mencionados radicales libres. Elaboración propia con información de ^[2] ^[4].

Lo que hace útiles a los carotenoides es que pueden absorber la energía de esas moléculas inestables o capturarlas directamente, desactivándolas antes de que causen daño. No reemplazan el bloqueador solar ni otros cuidados, pero sí reducen la carga de estrés oxidativo acumulada, uno de los factores que, con el tiempo, afecta la firmeza, el tono y la respuesta inflamatoria de la piel ^[2].

Las microalgas llevan millones de años protegiendo sus propias células de la radiación solar en el medio acuático: resultan ser una fuente eficiente de compuestos que hacen exactamente eso en la piel humana. Por eso el *k-beauty* y la cosmética de ingredientes activos naturales las han incorporado en productos para calmar, proteger y reducir la inflamación. Su atractivo no es solo el *marketing* de lo «natural»: producen compuestos bioactivos con funciones reales y estudiadas ^[1] ^[6].

Un organismo, muchos destinos

Lo que Dany no esperaba era que el mismo organismo que cuidaba su piel también pudiera mover un motor, alimentar a una persona o fertilizar un campo.

Las microalgas producen aceites transformables en biocombustibles; proteínas útiles para alimentos, y suplementos y pigmentos como los carotenoides, con aplicaciones cosméticas y farmacéuticas.

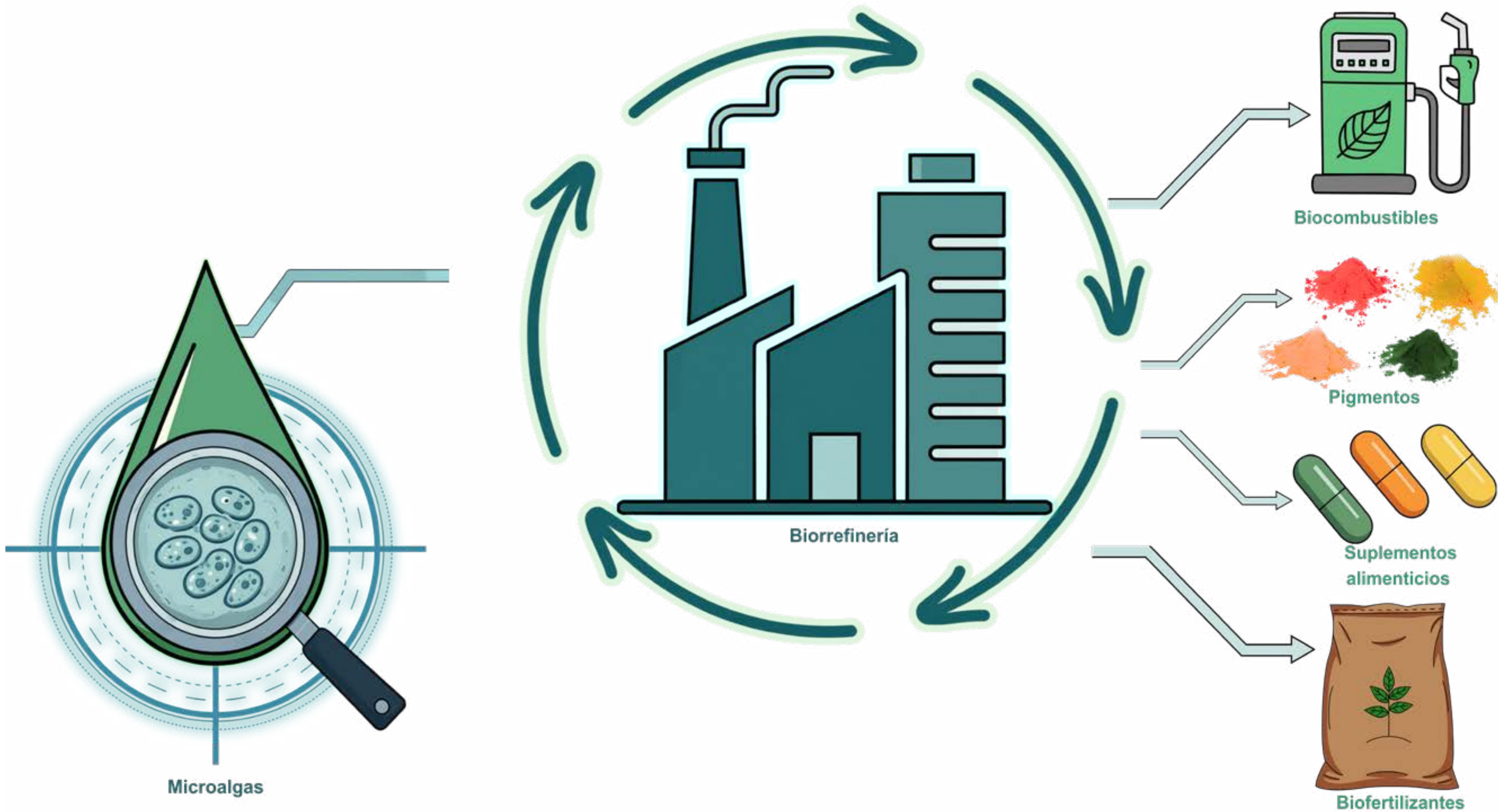


Figura 4. En una biorrefinería, cada componente de las microalgas se destina a un producto distinto: ningún subproducto se desperdicia. Elaboración propia con información de [5] [6].

Las microalgas no necesitan suelo fértil ni compiten con la producción de alimentos; pueden crecer en agua salina o residual mientras capturan CO₂ [1]. Esa versatilidad es lo que las hace interesantes: no como solución a un solo problema, sino como materia prima con múltiples salidas.

La clave está en aprovecharlas todas. Esa es la lógica de la biorrefinería: similar a una refinería de petróleo, que no usa el crudo directo, sino que lo separa en gasolina, diésel y otros productos; la biorrefinería de microalgas separa sus componentes para aprovecharlos al máximo. Así, se extraen primero las fracciones de mayor valor: carotenoides, proteínas y se destina la biomasa residual a biocombustibles, fertilizantes o biogás [5]. Ninguna parte del cultivo se desperdicia y cada subproducto se convierte en recurso de otro proceso, lo que se conoce como economía circular [6].

El mismo organismo presente en su crema podía, dependiendo del proceso, terminar en un suplemento, en un alimento o en el tanque de un vehículo.

Los desafíos que aún quedan

Nada de esto significa que las microalgas vayan a reemplazar al petróleo mañana. El proceso completo (cultivo, cosecha, extracción y transformación) requiere infraestructura, energía y control técnico que todavía elevan

mucho los costos. A eso se suma que lo que funciona en laboratorio no siempre escala sin perder productividad. Pero el problema de fondo no es solo técnico: si se cultiva una microalga únicamente para producir combustible, los números no cierran. Hay otra entrada: los carotenoides y otros compuestos que producen las microalgas ya tienen mercado real hoy, como ingredientes en cosméticos, alimentos, suplementos y productos para consumo humano y animal, independientemente de los biocombustibles. Eso cambia la ecuación. En lugar de apostar todo al biocombustible (el producto de menor valor por kilogramo de biomasa), el sistema se sostiene primero por sus fracciones más



Figura 5. Los coproductos de alto valor pueden mejorar la viabilidad económica de los biocombustibles de microalgas. Elaboración propia con información de [1] y [5].

valiosas y aprovecha el resto. La biorrefinería no es solo una idea elegante, sino la estrategia que hace posible que el cultivo sea rentable hoy, sin esperar a que los combustibles renovables compitan de igual a igual con el petróleo.

Lo que hoy parece lejano, pensó Dany mientras cerraba la última pestaña, quizá no lo sea tanto. La investigación avanza y la dirección ya está trazada. Cada vez más grupos de investigación en el mundo trabajan en reducir los costos de producción y en encontrar especies más eficientes. El tiempo, en este caso, juega a favor.

Lo cotidiano también tiene ciencia

Dany apagó la pantalla y volvió a mirar el frasco sobre el escritorio.

Pensó en todo lo que había recorrido a partir de tres palabras en una etiqueta: de la química de la piel a la biología marina, del cambio climático a la economía circular. Todo eso conectado por un organismo microscópico que lleva más tiempo en este planeta que cualquier bosque.

La ciencia no está solo en laboratorios o libros de texto: está en lo que te pones en la cara antes de dormir, en lo que entra al motor de un vehículo, en los organismos que respiramos sin saberlo. A veces, la puerta de entrada a esa comprensión es tan pequeña como tres palabras en la etiqueta de una crema: *extracto de microalgas*. 🌱

Referencias

- [1] E. S. Okeke et al., «Microalgae biorefinery: an integrated route for the sustainable production of high-value-added products», *Energy Conversion and Management: X*, vol. 16, p. 100323, 2022.
- [2] M. Afzaal et al., «Potential microalgae-derived antioxidants as human health supplements nutritional evaluation and benefits», en *Algae Biotechnology for Biomedical and Nutritional Applications*, Academic Press, 2025, pp. 131–144.
- [3] J. K. Nguyen, N. Masub y J. Jagdeo, «Bioactive ingredients in Korean cosmeceuticals: Trends and research evidence», *Journal of Cosmetic Dermatology*, vol. 19, no. 7, pp. 1555–1569, jul. 2020. DOI: 10.1111/jocd.13344.
- [4] N. Coulombier, T. Jauffrais y N. Lebouvier, «Antioxidant Compounds from Microalgae: A Review», *Marine Drugs*, vol. 19, no. 10, p. 549, sep. 2021. DOI: 10.3390/md19100549.
- [5] E. J. Olguín et al., «Microalgae-Based Biorefineries: Challenges and Future Trends to Produce Carbohydrate Enriched Biomass, High-Added Value Products and Bioactive Compounds», *Biology*, vol. 11, no. 8, p. 1146, jul. 2022. DOI: 10.3390/biology11081146.
- [6] G. Carrillo González y L. G. Torres Bustillos, *Biorrefinerías y economía circular*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2019.

El señor Galicia aprovecha el sol para el riego de su parcela

Ulises Dehesa Carrasco, Jonathan Ibarra Bahena y José Agustín Breña Naranjo

Autoría situada: El **Dr. Ulises Dehesa Carrasco** es investigador posdoctorante en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, entre sus líneas de investigación destacan: sistemas de desalinización, gestión del nexo agua-energía-alimentos y análisis hidrodinámico de microburbujas. El **Dr. Jonathan Ibarra Bahena** es investigador posdoctorante en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM, sus líneas de investigación son: sistemas de desalinización y separación por membranas, ciclos termodinámicos por absorción y sistemas de revalorización térmica. El **Dr. José Agustín Breña Naranjo** es investigador titular A en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, sus temas de investigación incluyen: percepción remota de sistemas hídricos naturales y antrópicos, adaptación al cambio climático, y extremos hidrometeorológicos.

Afortunadamente, cada vez es más evidente cómo las soluciones sustentables de energía están integradas en nuestra vida cotidiana: techos con calentadores solares, casas y es-

cuelas con paneles fotovoltaicos que suministran energía eléctrica, y alumbrado público que utiliza la misma tecnología. Esto es común en muchas ciudades del país, pero ¿te has detenido a pensar en cómo las energías renovables impactan las comunidades rurales? Hoy te compartimos una pequeña muestra de ello.

Esta historia se desarrolla en el municipio de San Antonino Castillo Velasco, ubicado a unos 30 km al sur de la ciudad de Oaxaca, dentro del Distrito de Ocotlán, en la región de los Valles Centrales. Es un pequeño pueblo de poco más de seis mil habitantes donde la agricultura es una de las principales actividades económicas ^[1]. Ahí, el señor Daniel Galicia Pérez tiene una parcela de aproximadamente 2,500 m² en la cual siembra diversas hortalizas como chiles, coliflor, brócoli, rábanos y lechugas. Antes de conocer las energías renovables, el señor Galicia utilizaba una bomba centrífuga comercial de 2 hp (caballos de fuerza) de potencia para llevar agua desde el pozo más cercano, que tiene 25 metros de profundidad, hasta sus cultivos. Esto implicaba un costo de \$140 a \$160 pesos bimestrales en energía eléctrica. Este tipo de bomba es, quizá, la más común en la vida cotidiana; es la que usarías, por ejemplo, para subir el agua desde una cisterna a un tinaco en la azotea, pero no es adecuada cuando el agua se encuentra por debajo de 7 metros. Además, utilizaba riego rodado, una técnica utilizada en la mayor parte de la superficie agrícola del país; consiste en distribuir el agua a través de surcos. Sin embargo, es un método poco eficiente, pues requiere grandes volúmenes de agua que no siempre son aprovechados por las plantas.

Cuando riegas un cultivo, parte del agua es absorbida por la planta para realizar la fotosíntesis –que es el proceso mediante el cual produce la energía que necesita; la otra parte se infiltra o se evapora al medio ambiente. De aquí la importancia de hacer un uso eficiente del agua, pues no por mucho regar se producen mejores resultados; de hecho, es contraproducente. Es deseable suministrar la cantidad de agua necesaria a las plantas para que puedan crecer y desarrollar tallos, hojas, flores y frutos. Eso sí, el agua debe estar disponible cuando la planta lo requiera para no generar un estrés hídrico, que es una condición en la que sus funciones vitales se ven afectadas y su crecimiento se reduce. Probablemente conozcas la expresión de que una planta está «triste» cuando no la riegas, ese es un síntoma inequívoco de estrés hídrico.

Con el apoyo y asesoramiento de diversos especialistas –científicos y tecnólogos–^[2], el señor Galicia cambió su vieja bomba centrífuga, que estaba conectada a la red eléctrica, por una nueva bomba sumergible, de la mitad de potencia (1 hp), impulsada por paneles fotovoltaicos. Este tipo de bomba está diseñada para operar, como su nombre lo indica, dentro del agua y es más adecuada para transportar agua desde profundidades de más de 10 metros. Es importante comentarte que esta bomba está conectada directamente a los módulos solares y no cuenta con un banco de baterías de respaldo. Esto se decidió así por dos razones: para disminuir los costos y el impacto ambiental.

¿Sabías que el almacenamiento eléctrico en algunos casos puede representar hasta el 30% del costo inicial de inversión?

Además, si bien es cierto que hoy en día existen mecanismos para reciclar las baterías, esto no es una práctica común en comunidades alejadas, por lo que el riesgo de contaminación es alto. No utilizar almacenamiento eléctrico implica que, por la mañana o por la tarde, cuando la radiación solar es menor, la cantidad de agua que bombea también lo es.

En cambio, cerca del mediodía solar, cuando la intensidad de la radiación se incrementa, el caudal de agua también aumenta de manera inherente. Además de esto, para mejorar la eficiencia en el uso del agua, se tecnificó la parcela con cintas de riego por goteo: un sistema que suministra pequeñas cantidades de agua directamente a la base de cada planta, reduciendo pérdidas por evaporación e infiltración excesiva. También se instaló un tanque elevado para almacenar agua en lugar de energía eléctrica, tal como lo muestra la Figura 1. Gracias a esta instalación solar, el costo de bombeo ahora es nulo para el usuario y, en sus propias palabras, esto tiene un impacto directo en la economía familiar, ya que el dinero que se destinaba a pagar la energía para operar la bomba ahora se utiliza para cubrir los gastos asociados a la educación de sus hijas. Otra ventaja es que el sistema fotovoltaico puede funcionar hasta por 25 años con mantenimiento mínimo como quitarle el polvo de vez en cuando, por lo que el señor Galicia tiene electricidad para un buen rato.

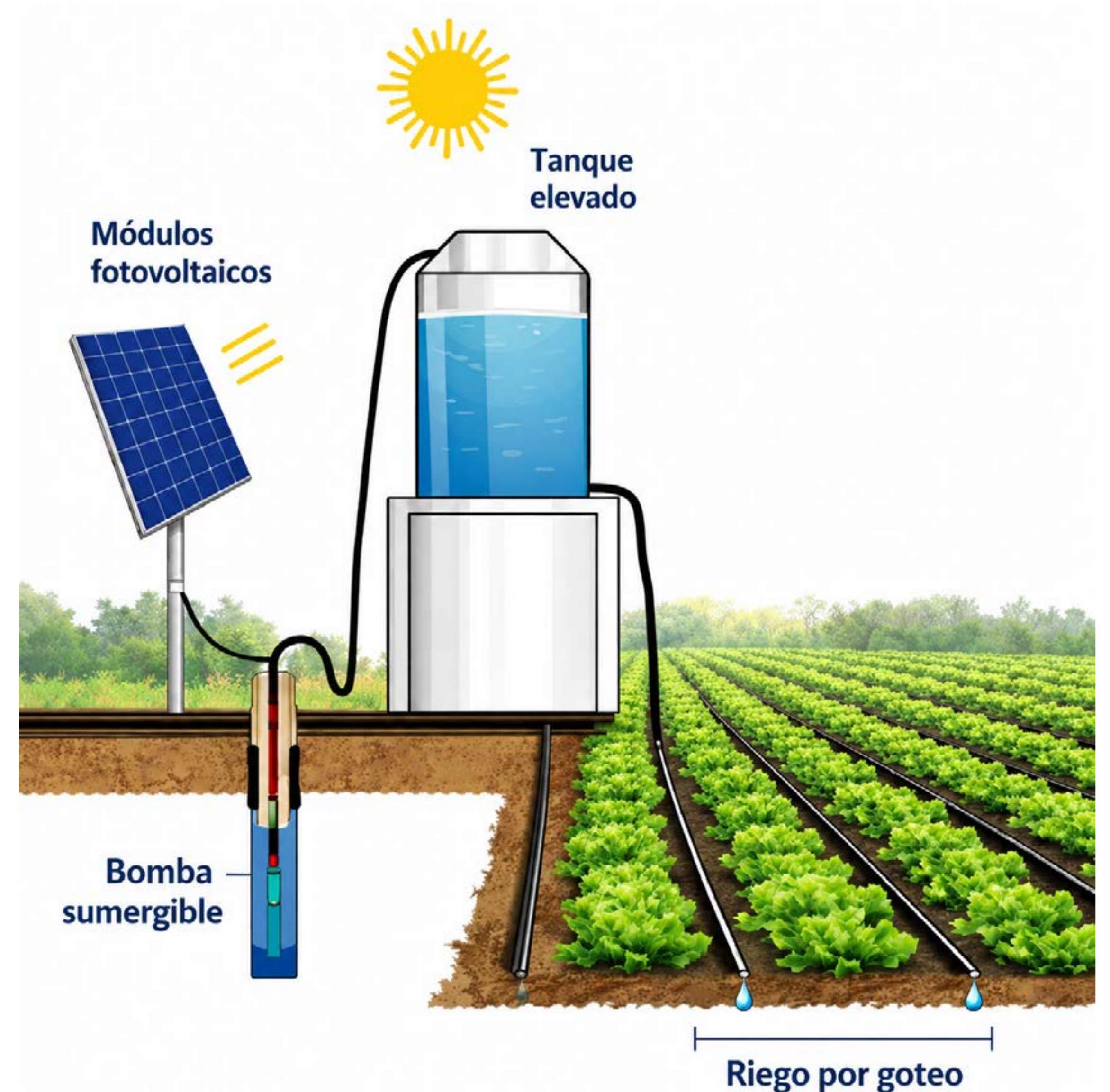


Figura 1. Diagrama esquemático del sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica y su implementación en la parcela. Imagen creada con IA.

Con estas mejoras, actualmente la parcela como se ve en la fotografía de la siguiente página, produce hasta 3 cosechas al año de diversas hortalizas que llevan a la central de abastos de la ciudad de Oaxaca para su venta. Después de ver los resultados en su parcela,



el señor Galicia ahora es consciente de la desventaja técnica en el campo mexicano cuando no se tiene un sistema adecuado de riego y de la importancia de integrar energías renovables como una herramienta para el desarrollo social comunitario.

Como toda tecnología, el sistema que te contamos tiene áreas de oportunidad para mejorarse. En palabras del usuario, incluir un banco de baterías para el almacenamiento de la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos o un tanque de almacenamiento de mayor capacidad, le permitiría regar en horarios que no estén sujetos a la radiación solar. Esto permitiría disminuir todavía más el consumo de agua y también evitar posibles enfermedades en sus cultivos, ya que la humedad en horas de mucha radiación solar puede causar la aparición de hongos no deseados.

Como puedes ver, las energías renovables pueden impulsar el desarrollo de comunidades rurales y mejorar de manera tangible su calidad de vida. Historias como esta nos recuerdan que la transición energética no solo ocurre en las grandes ciudades o en sofisticados laboratorios, sino también en lugares humildes y apartados. Ojalá que este pequeño artículo te inspire a formar parte de este cambio; tal vez hoy solo estás leyendo esto, pero el día de mañana tu talento puede ayudar a cambiar vidas y comunidades.

Agradecimientos: Los autores agradecen al señor Daniel Galicia Pérez por la valiosa información y las ideas que contribuyeron a la preparación de este artículo de divulgación. Ulises Dehesa Carrasco agradece a la SECIHTI por la beca posdoctoral otorgada a través del programa Estancias Posdoctorales para Personas Indígenas. Jonathan Ibarra Bahena agradece a la SECIHTI por la beca posdoctoral otorgada a través del programa Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México. 🌱

Referencias

- [1] «San Antonino Castillo Velasco: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública», Data México. [En línea]. Disponible en: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/san-antonino-castillo-velasco>.
- [2] U. Dehesa Carrasco y J. Ibarra Bahena «Sistemas para una producción agrícola sustentable basada en energías renovables: Caso de estudio en valles centrales, Oaxaca», en *Sustentabilidad energética, medioambiente y sociedad: Avances en la agenda 2030*, E. Gómez Arias, E. Cervantes Rendón, y A. Rodríguez Martínez, Eds. El Colegio de Chihuahua, 2024, pp. 185–209.

Creando un *snack* solar : la ciencia detrás de una botana saludable

Paulina Guillén Velázquez, Yoav Salvador Pérez Delgado y Octavio García Valladares

Autoría situada: **Paulina Guillén Velázquez** es doctora en Ciencias de la Ingeniería, SNII candidata e investigadora posdoctoral en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM donde desarrolla investigación enfocada en el secado solar de alimentos, la conservación de compuestos bioactivos y el aprovechamiento sostenible de productos agroalimentarios. **Yoav Salvador Pérez Delgado** es pasante de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec. Cuenta con experiencia en análisis fisicoquímico de alimentos y aplicación de buenas prácticas de higiene e inocuidad alimentaria. **Octavio García Valladares** es investigador titular C, SNI III del Instituto de Energías Renovables, UNAM. Ganador del Premio al Mérito Ecológico 2024-2025 por sus aportes al conocimiento ambiental e impacto y trascendencia a la sustentabilidad del país. Líneas de investigación: calentamiento solar de agua y de aire y secado solar de alimentos. Ha publicado 100 artículos en revistas y dirigido 20 tesis de licenciatura, 17 de maestría y 8 de doctorado.

Los *snacks* son parte de nuestra vida cotidiana: en la escuela, en el trabajo o en casa. Ya sea para un momento de ocio o simplemente por antojo, las botanas están presentes en nuestra alimentación diaria. Sin embargo, gran parte de los *snacks* que consumimos son escasamente saludables. Éstos contienen generalmente altas cantidades de sodio, grasas, harinas, colorantes y conservadores que con el consu-

mo constante y en exceso resultan dañinos para nuestra salud. El consumo de estos productos está asociado principalmente con la obesidad, la alteración de la microbiota intestinal y con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, como diabetes tipo 2 y cáncer. Así mismo, la ingesta excesiva de sodio se asocia con la prevalencia de la hipertensión arterial y los eventos cardiovasculares ^[1]. Es así como nos damos cuenta de que la elección de alimentos a consumir es determinante para mantener un buen estado de salud y evitar enfermedades.

Los alimentos naturales nos garantizan una ingesta adecuada de fibra dietética, vitaminas y minerales esenciales que optimizan el metabolismo celular y fortalecen el sistema inmunológico. Al consumir alimentos como vegetales ricos en nutrientes, no solo disminuimos el riesgo de desarrollar enfermedades como sobrepeso y obesidad, sino que se promueve la saciedad prolongada y un suministro energético estable.

Surge entonces una pregunta interesante: ¿es posible transformar frutas y verduras, saludables en sí mismas, en botanas que agraden tanto como los *snacks* ultra procesados? La respuesta la encontramos en procesos de transformación como el secado de los alimentos. Sin embargo, diversos métodos de secado existentes en la actualidad emplean combustibles fósiles o electricidad. Para evitar el uso de estas fuentes de energía perjudiciales para el ambiente, existen fuentes de energía renovables como el sol, disponibles para utilizarse de forma eficiente para reducir el impacto ambiental sin comprometer la calidad de los productos deshidratados ^[2]. Es así como llegamos al secado solar: método que puede transformar frutas y vegetales en botanas nutritivas y que tiene la ventaja de ser económico y sustentable, ya que al utilizar



la energía gratuita del sol se reducen bastante los costos de producción y se logra un proceso con bajas emisiones de carbono, lo cual es bueno para el medio ambiente.

De la cocina mexicana al *snack* saludable

En México, hay una gran cantidad de frutas y verduras que tienen el potencial de ser deshidratadas para brindar una nueva alternativa de botana saludable. Dentro de los frutos popularmente comercializados y consumidos en México, está la calabacita, perteneciente al género *Cucurbita pepo*. La calabacita es parte fundamental de la cocina mexicana y, además, es muy saludable, ya que contiene vitaminas, minerales y componentes que favorecen a la digestión [3]. Su facilidad para adquirirla, la amplia producción anual (459,005 toneladas anuales) [4] y su bajo costo la convierten en un producto accesible para crear un *snack* interesante desde el punto de vista nutricional y sustentable.

Un pequeño detalle es que la calabacita, al estar compuesta principalmente por agua, se deteriora rápidamente. Es por ello que el secado solar nos puede ayudar a prolongar su vida útil, además de brindarle al producto la textura crujiente que tanto disfrutamos en las botanas.

Un paso fundamental al momento de secar un alimento es la reducción de su tamaño. Al cortarlo en rebanadas delgadas, conseguimos que el agua se pueda eliminar con mayor

facilidad durante el secado. Para elaborar el *snack*, la calabacita fue lavada y rebanada en rodajas de 2 mm de espesor, como se muestra en la Figura 1. Posteriormente, las rodajas se sumergieron en jugo de limón; algunas se condimentaron con sal y otras con chile en polvo. Las rebanadas se colocaron dentro de un secador solar mixto desde las primeras horas del día para aprovechar la energía del sol; y tras 4 horas de secado, se obtuvieron hojuelas crujientes y listas para ser empaçadas y consumidas como *snack* (Figura 1).

¿Qué propiedades nutricionales contiene la calabacita deshidratada?

Uno de los aspectos más importantes de los alimentos deshidratados es saber si conservan sus propiedades nutricionales. Un componente muy común en las frutas y verduras es la vitamina C, conocida por brindar protección a las membranas celulares, el ADN y los tejidos del daño oxidativo [5]. Aunque durante el secado la vitamina C puede degradarse por lo sensible que es a la exposición al calor, encontramos que después del proceso descrito las rodajas de calabacita conservaron niveles de vitamina C interesantes, pasando de 43 mg por cada 100 g en su estado fresco, a valores de entre 24 y 28 mg/100 g. Sin embargo, la vitamina C no fue el único componente de interés. También evaluamos su capacidad antioxidante y obtuvimos resultados mayores al 28%, lo que indica que el *snack* conservó parte de sus compuestos bioactivos, considerando que en estado fresco

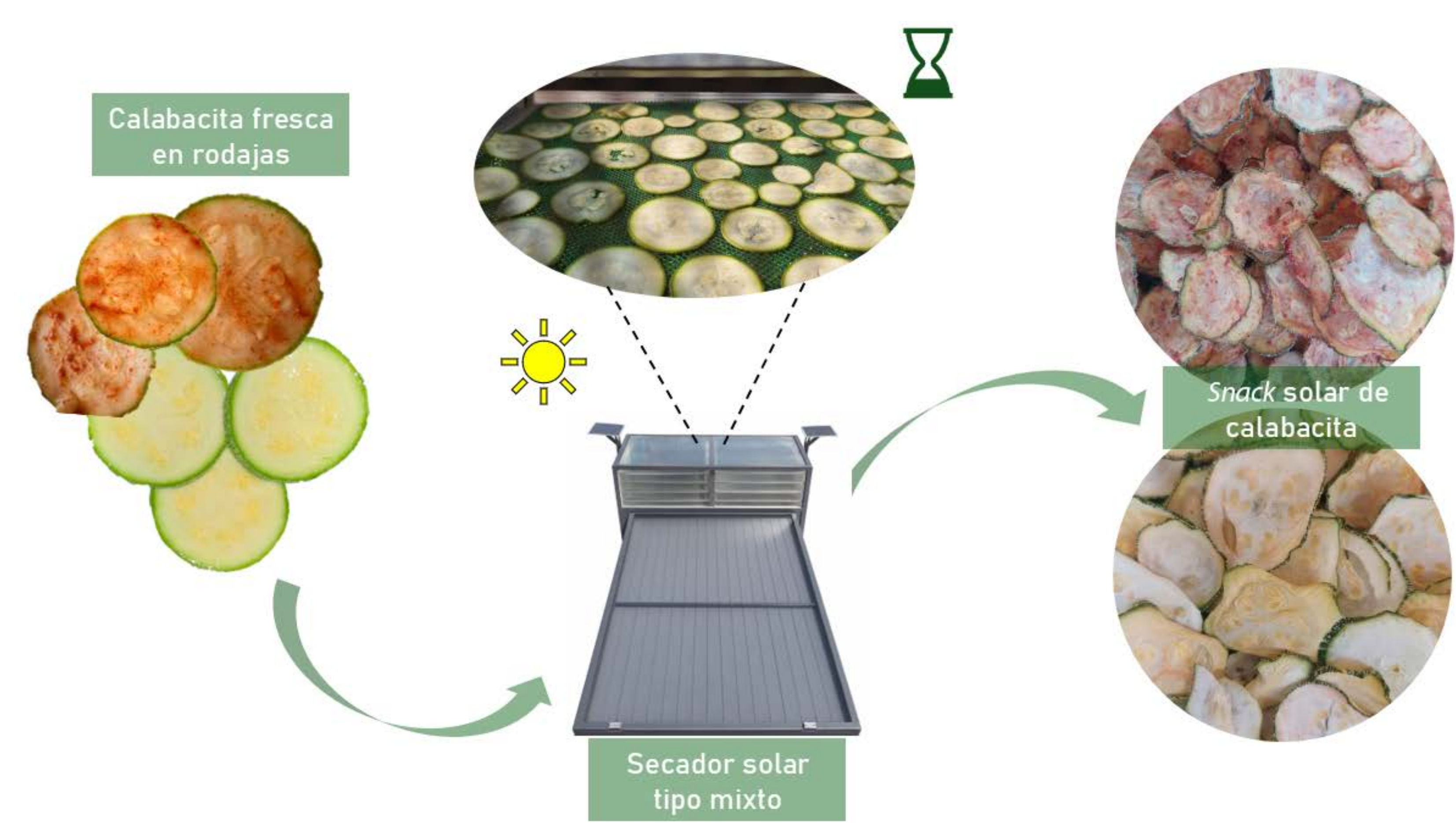


Figura 1. Proceso de obtención de snack de calabacita deshidratada con el Sol.

la calabacita contiene 35.2% de capacidad antioxidante. Quizá te preguntarás: «¿para qué nos sirve consumir antioxidantes?» Bien, estos nos ayudan a prevenir y tratar la obesidad, la resistencia a la insulina, enfermedades cardiovasculares, cáncer, trastornos neurológicos y metabólicos, envejecimiento de la piel; además, regulan el sistema inmunitario y los procesos antiinflamatorios [6]. Así que estos hallazgos resultan interesantes si consideramos que las botanas que habitualmente consumimos nos brindan un nivel nutricional muy bajo.

Cuando la ciencia también pasa por el paladar

Además de la calidad nutricional, cuando se desarrolla un nuevo alimento es crucial conocer si será agradable a los consumidores. Por esta razón, realizamos dentro de la comunidad del Instituto de Energías Renovables de la UNAM una prueba sensorial para saber el grado de aceptación del *snack* de calabacita deshidratada con el sol. Esta prueba se llevó a cabo con 62 personas en un rango de edad entre 18 a 57 años. Durante la degustación, los participantes evaluaron características como color, aroma, sabor, intensidad y aceptación general. El producto obtuvo puntajes superiores a 70 (de una escala máxima de 100), lo cual indica que es altamente aceptado.

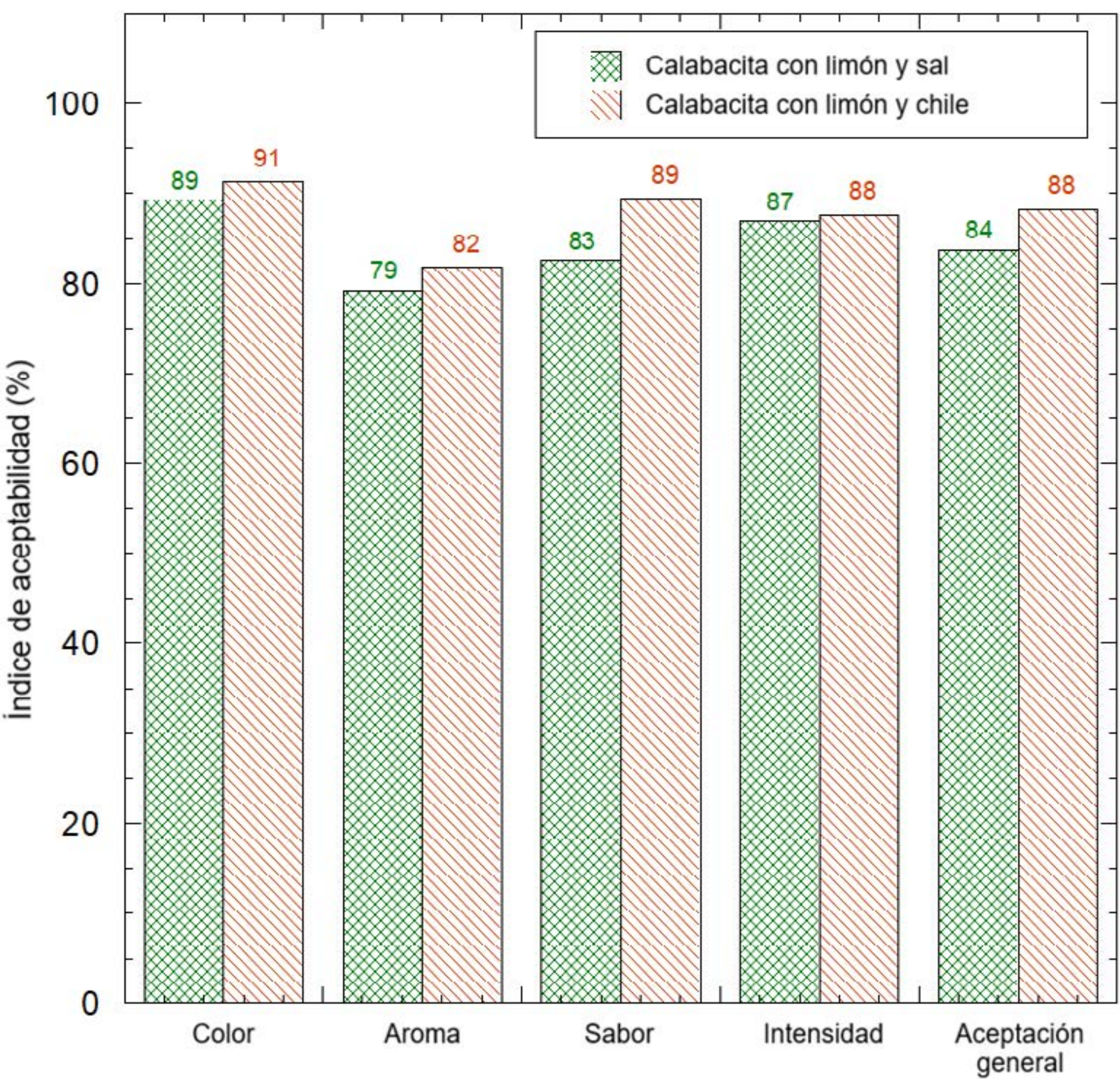


Figura 2. Resultados de la prueba sensorial de calabacita deshidratada.

En la Figura 2 se observan los índices de aceptación de cada presentación, donde el *snack* con limón mostró una aceptación general de 8%, mientras que la versión con chile fue la preferida por los participantes, con una calificación de 88%. Estos resultados cobran sentido debido a la gran preferencia que tenemos en México por los sabores picantes en las botanas tradicionales y a que forman ya parte de la cultura alimentaria. Sin duda, los resultados nos llevaron a concluir que agregar este tipo de sabores puede ser una estrategia para fomentar el consumo de alimentos deshidratados y nutritivos con mayor probabilidad de aceptación.

Con este trabajo comprendimos que la energía del sol representa una gran herramienta para crear snacks saludables mediante alternativas sustentables y de bajo costo, como el secado solar para conservar los alimentos y evitar su desperdicio. Además, la incorporación de sabores tradicionales a alimentos saludables nos da la pauta para que sean más fácilmente aceptados por quienes los consumirán. En la sociedad actual y con la incidencia de enfermedades asociadas a alimentos ultraprocesados, impulsar alternativas alimentarias con un enfoque sustentable resulta, sin duda, un paso necesario. 🌞

Referencias

[1] A. Marti, C. Calvo, y A. Martínez, «Consumo de alimentos ultraprocesados y obesidad: una revisión sistemática», *Nutrición hospitalaria*, vol. 38, no. 1, pp. 177-185, [2021].

[2] D. K. Rabha, P. Muthukumar, y C. Somayaji, «Energy and exergy analyses of the solar drying processes of ghost chilli pepper and ginger», *Renewable Energy*, vol. 105, pp. 764-773, [2017]. doi: 10.1016/j.renene.2017.01.007.

[3] L. Tejada, L. Buendía-Moreno, A. Villegas, J. M. Cayuela, E. Bueno-Gavilá, P. Gómez, y A. Abellán, «Nutritional and sensorial characteristics of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) as affected by freezing and the culinary treatment», *International Journal of Food Properties*, vol. 23, no. 1, pp. 1825-1833, [2020]. doi: 10.1080/10942912.2020.1826512

[4] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), «Anuario estadístico de la producción agrícola», 2024. [En línea]. Disponible en: https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

[5] A. Ali, S. Riaz, W. Khalid, M. Fatima, U. Mubeen, Q. Babar, ... y F. K. Madilo, «Potential of ascorbic acid in human health against different diseases: an updated narrative review», *International Journal of Food Properties*, vol. 27, no. 1, pp. 493-515, [2024]. doi: 10.1080/10942912.2024.2327335

[6] P. Guillén-Velázquez, A. Domínguez-Niño, O. García-Valladares, J. M. Vázquez-Morales, y M. Luna-Flores, «Study of Influence of Mixed-Mode Solar Drying on Chlorophyll, Ascorbic Acid, Carotenoid, and Antioxidant Activity of Medicinal Leaves of Ageratina Variety Pichinchensis», *Journal of Food Science*, vol. 90, no. 7, p. e70415, [2025]. doi: 10.1111/1750-3841.70415

Reinventando el carbón del futuro con sol y plasma

Claudia Karina Zagal Padilla, Ernesto Anguera Romero, Nidia Aracely Cisneros-Cárdenas, Sergio Alberto Gamboa Sánchez y Horacio Martínez Valencia

Autoría situada: Claudia Karina Zagal Padilla está adscrita al Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM (ICF-UNAM). Ernesto Anguera Romero está adscrito al Instituto de Energías Renovables de la UNAM (IER-UNAM). Nidia Aracely Cisneros-Cardenas pertenece al Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Facultad Interdisciplinaria de Ingeniería en la Universidad de Sonora. Sergio Alberto Gamboa Sánchez es académico del IER-UNAM. Horacio Martínez Valencia es académico del ICF-UNAM.

Cuando la basura deja de ser basura

Cada día generamos toneladas de residuos orgánicos que provienen de muchos sitios a la vez: de la casa, de los mercados, de la industria y del campo. Hojas, ramas, podas, bagazo de cultivos y otros restos similares suelen juntarse, estorbar o terminar en el basurero, como si no tuvieran ningún destino mejor. Por eso, con frecuencia se ven como «un problema» que hay que quitar lo más rápido posible.

Uno de los grandes retos que enfrentan las zonas agrícolas, al finalizar la temporada de cosecha o poda, es la acumulación de la biomasa en los mismos terrenos de poda. Al no contar con un control de los residuos generados, estos son abandonados, lo que provoca afectaciones por contaminación ambiental.

Pero si en lugar de considerar a los residuos de poda como un problema ambiental, lo viéramos como una oportunidad para aprovecharlos, cambiaría la perspectiva de «residuo». Esto es posible de lograr gracias a los avances de la ciencia y tecnología en los últimos años, ya que se han estudiado las propiedades de la biomasa frente a tratamientos térmicos para la obtención de biocarbón, que se ha posicionado como una alternativa de mejoramiento para suelos agrícolas, retención de nutrientes, captura de carbono y aplicaciones relacionadas al almacenamiento de energía.

La biomasa para la posible obtención de biocarbón se encuentra disponible en cualquier parte del país y varía de acuerdo con la región. Por ejemplo, el tipo de biomasa que se encuentra al norte del país proviene principalmente de la cáscara de nuez y de la poda de nogal; en la región centro, del bagazo de caña; mientras que, en la región sureste, del sargazo de las zonas costeras. Así, de acuerdo con la naturaleza de cada biomasa, se generará biocarbón con diferentes propiedades y aplicaciones.

Pero no se trata solo de «manejar basura», sino de cambiar la perspectiva: reconocer que esos residuos orgánicos aún contienen valor y pueden reinsertarse en soluciones tecnológicas. Y entonces la frase «la basura de unos es el tesoro de otros» deja de sonar a refrán y se vuelve una realidad tecnológica.



El sol como horno del futuro

Aprovechar el sol como fuente de calor para producir biocarbón es una inteligente idea: es una energía limpia, abundante y disponible en casi cualquier región. El problema es que la luz solar llega dispersa a la superficie terrestre, con una densidad energética baja; por eso, si queremos alcanzar temperaturas altas de manera controlada, necesitamos estrategias que «junten» esa energía o que eviten que el calor se pierda. Una opción es aislar térmicamente el sistema para reducir pérdidas y permitir que la temperatura suba con el tiempo. Otra opción consiste en la concentración, que es la base de los hornos solares; esto es capturar luz en un área grande y enfocarla en un área mucho más pequeña. Por ejemplo, si dos espejos reflejan la luz hacia el mismo punto y esa energía se concentra en un área equivalente a la de uno solo, decimos que la radiación se concentró dos veces.

Eso es exactamente lo que hacen los hornos solares. Son instalaciones diseñadas para concentrar grandes cantidades de radiación solar en zonas pequeñas en comparación con su área de captación. Para lograrlo, suelen usar dos elementos ópticos principales: un helióstato, que es un espejo grande con seguimiento para reflejar continuamente la luz solar hacia el horno, y un concentrador, formado por un conjunto de espejos que «reúnen» esa radiación reflejada en un mismo punto, llamado foco o zona focal.

En la zona focal, es posible alcanzar temperaturas que superan los 3000 °C, temperatura suficiente para fundir metales y, lo más importante, para producir biocarbón. Aunque para esto último solo se requieren temperaturas de 300 a 600 °C. Para lograrlo, la energía que llega al foco se regula mediante el uso de cortinas que limitan la radiación incidente y controlan la temperatura. La biomasa es colocada dentro de reactores químicos que están expuestos a la energía concentrada del sol, cuya función es evitar que los espejos del horno sean alcanzados por los gases que son liberados en el proceso de formación del biocarbón.

Con esta pieza clave aparece el concepto de «reactor solarizado». Existen diversos reactores termoquímicos y algunos han sido adaptados para que su fuente de calor convencional se sustituya por radiación solar concentrada. La idea puede verse de forma muy concreta en la Figura 1. En la parte a) se muestra un reactor tipo tornillo convencional calentado por resistencias eléctricas a lo largo del equipo; al girar el tornillo, la biomasa avanza y se calienta hasta convertirse en biocarbón. En la parte b) aparece su versión solarizada: ahora el calor proviene del sol, porque la radiación concentrada incide en un receptor poroso que aumenta su temperatura y calienta el aire que fluye hacia el reactor; ese aire caliente transfiere el calor a una cámara interna, evitando el contacto directo entre el aire y la biomasa.

La importancia de este cambio no es solo tecnológica, sino también ambiental. Al reemplazar fuentes tradicionales de calor por energía solar concentrada, es posible obtener biocarbón de alta calidad, reduciendo la huella de carbono porque, en el balance completo del proceso, disminuye el CO₂ que se emite en procesos tradicionales. Además, obtenemos un biocarbón que puede servir para aplicaciones muy distintas, desde el almacenamiento de energía hasta la limpieza de agua y aire, a la vez que aprovechamos residuos orgánicos.

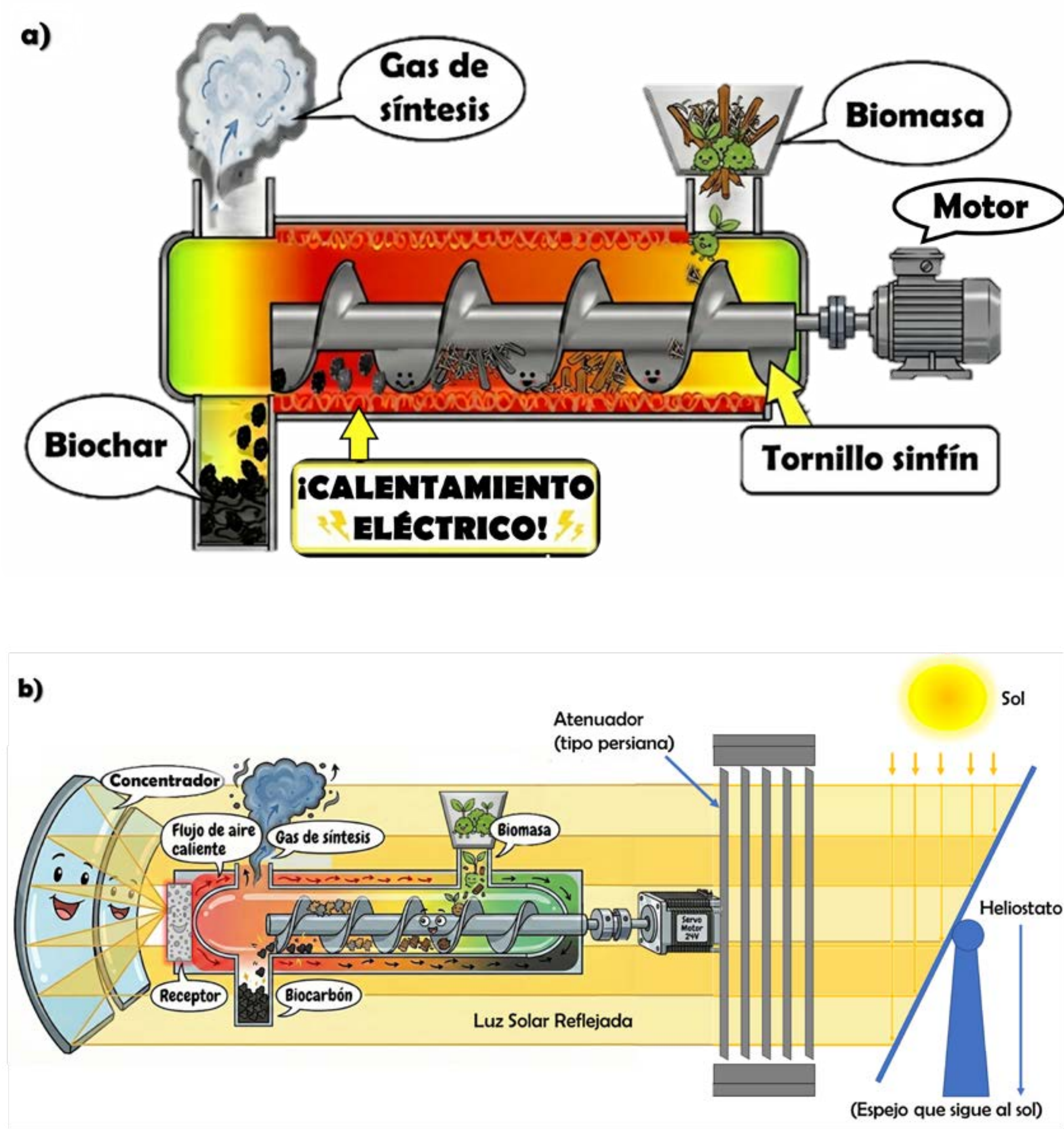


Figura 1. a) Reactor termoquímico convencional, calentado por resistencias eléctricas. b) Reactor termoquímico solarizado, calentado por radiación solar concentrada.

Plasma: relámpagos domesticados

Además del calor del sol, existe otra herramienta capaz de «afinar» materiales y abrirles nuevas funciones: el plasma. En física se le conoce como el cuarto estado de la materia, y puede entenderse como un gas que ha recibido tanta energía que algunos electrones se separan de los átomos o moléculas ^[1]. El resultado es una mezcla dinámica de electrones libres, iones, especies excitadas y luz con un comportamiento muy distinto al de un gas común.

Es insólito creer que el plasma puede considerarse como el estado de agregación más común en el universo.

Esto se debe a que es muy común encontrarlo en las estrellas, en la región de la ionosfera terrestre y en el Sol. A menudo, es posible apreciarlo en fenómenos como los relámpagos, cuando hay lluvia, y en las auroras. Esa iluminación visible en el cielo no es más que aire energizado y eléctricamente activo que recibe el nombre de plasma.

Por muchos años, la idea de controlar un relámpago con una alta concentración de energía y en un instante de tiempo era casi imposible de imaginar. Sin embargo, hoy en día, esta idea es posible de percibir y reproducir mediante la generación de plasma a nivel laboratorio de una forma segura, estable y a presión atmosférica. La reproducción del plasma a nivel laboratorio es posible de reproducir a través de la aplicación de campos eléctricos controlados sobre gases como argón, oxígeno y aire. Bajo este contexto, y con afán ilustrativo, al aire energizado le podríamos llamar «relámpagos domesticados». La Figura 2 ilustra, a modo de caricatura, dicho concepto, en el que es posible observar un rayo de gran magnitud producir una descarga luminosa dentro de un reactor que se aprecia mediante una gran chispa energizada.



Figura 2. Caricaturización de relámpagos domesticados.

Y ahora, la pregunta del millón: ¿para qué nos sirven estos relámpagos domesticados? Aunque a simple vista el plasma es una luz bonita de color azul y morado, en el centro de dicha luz se encuentra un conjunto de partículas y especies reactivas. También es posible encontrar electrones libres, partículas neutras, radicales y iones que, en conjunto, son reactivos y portadores de carga capaces de reaccionar con la parte más externa de los materiales. Gracias a esta capacidad, el plasma modifica superficies, activa reacciones químicas y descompone contaminantes con un consumo energético relativamente bajo. Por esto y mucho más, el plasma es considerado como una herramienta transversal para el diseño de materiales avanzados, aplicaciones tecnológicas para generación y almacenamiento de energía y para aplicaciones ambientales ^[2].

Cuando el plasma transforma el carbón en un aliado de la sostenibilidad

El biocarbón es atractivo para la sostenibilidad porque concentra una gran área superficial en un material sólido, poroso y relativamente estable. Esa «superficie disponible» es crucial: ahí ocurren las interacciones con el agua, los gases, los iones y los electrolitos que determinan su desempeño en aplicaciones ambientales y energéticas. Por eso, aunque el biocarbón ya es útil por sí mismo, su rendimiento puede variar mucho según el origen de la biomasa y las condiciones de producción y, a veces, requiere de un ajuste fino para responder mejor a necesidades específicas ^[3].

El tratamiento con plasma permite modificar la superficie del biocarbón sin rehacer todo el proceso: puede cambiar su química superficial, activar sitios de reacción y favorecer una estructura más adecuada para interactuar con su entorno. Con ello, el biocarbón puede volverse más eficiente para tareas como capturar contaminantes, interactuar con gases o desempeñarse mejor como componente funcional en dispositivos de energía. Dicho de forma simple: el plasma no cambia la naturaleza del biocarbón; cambia lo que este puede hacer. Estas mejoras abren un abanico de aplicaciones. En el campo energético, el biocarbón con superficie tratada puede favorecer procesos de almacenamiento y transferencia de carga, lo que lo vuelve interesante para tecnologías como capacitores y supercapacitores. En el campo ambiental, su superficie afinada puede mejorar su capacidad para atrapar sustancias no deseadas en el agua o el aire y potenciar su interacción con el CO₂ ^[4].

El plasma funciona como un «acelerador» de propiedades: toma un material obtenido de residuos orgánicos y lo convierte en un biocarbón más selectivo, más activo y útil, tanto para la energía como para el medio ambiente. Si queremos transitar hacia soluciones energéticas más limpias y circulares, el biocarbón es una oportunidad real: convierte residuos en recursos y abre rutas tecnológicas de alto impacto. Para lograr lo anterior, necesitamos más estudiantes, investigadores, emprendedores y tomadores de decisiones que exploren el biocarbón no solo como material, sino como una plataforma para diseñar soluciones energéticas sostenibles, locales y escalables.

Declaraciones: Las figuras mostradas en este artículo fueron generadas con apoyo de ChatGPT y Gemini Nano Banana, a partir de imágenes y *prompts* elaborados por las personas autoras. Las imágenes fueron revisadas por las personas autoras para fines de divulgación científica. 🌱

Referencias

- [1] S. Rath y S. Kar, «Microwave atmospheric pressure plasma jet: A review», *Contributions to Plasma Physics*, vol. 65, no. 2, ago. 2024, doi: 10.1002/ctpp. 202400036.
- [2] O. V. Penkov, M. Khadem, W.-S. Lim, y D.-E. Kim, «A review of recent applications of atmospheric pressure plasma jets for materials processing», *Journal of Coatings Technology and Research*, vol. 12, no. 2, pp. 225-235, ene. 2015, doi: 10.1007/s11998-014-9638-z.
- [3] S. S. Senadheera, X. Yuan, B. Yi, S. K. Im, y Y. S. Ok, «Plasma-modified biochar for energy and environmental sustainability», *Current Opinion in Chemical Engineering*, vol. 49, p. 101166, jul. 2025, doi: 10.1016/j.coche.2025. 101166.
- [4] L. Xia, Y. Li, J. Wang, C. Huang, Y. Cheng, y G. Meng, «Green Pathway for Upscaling CO₂ and H₂O Conversion via Synergizing Nonthermal Plasma with Biochar», *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, vol. 13, no. 6, pp. 2260-2266, feb. 2025, doi: 10.1021/acssuschemeng. 4c10144.

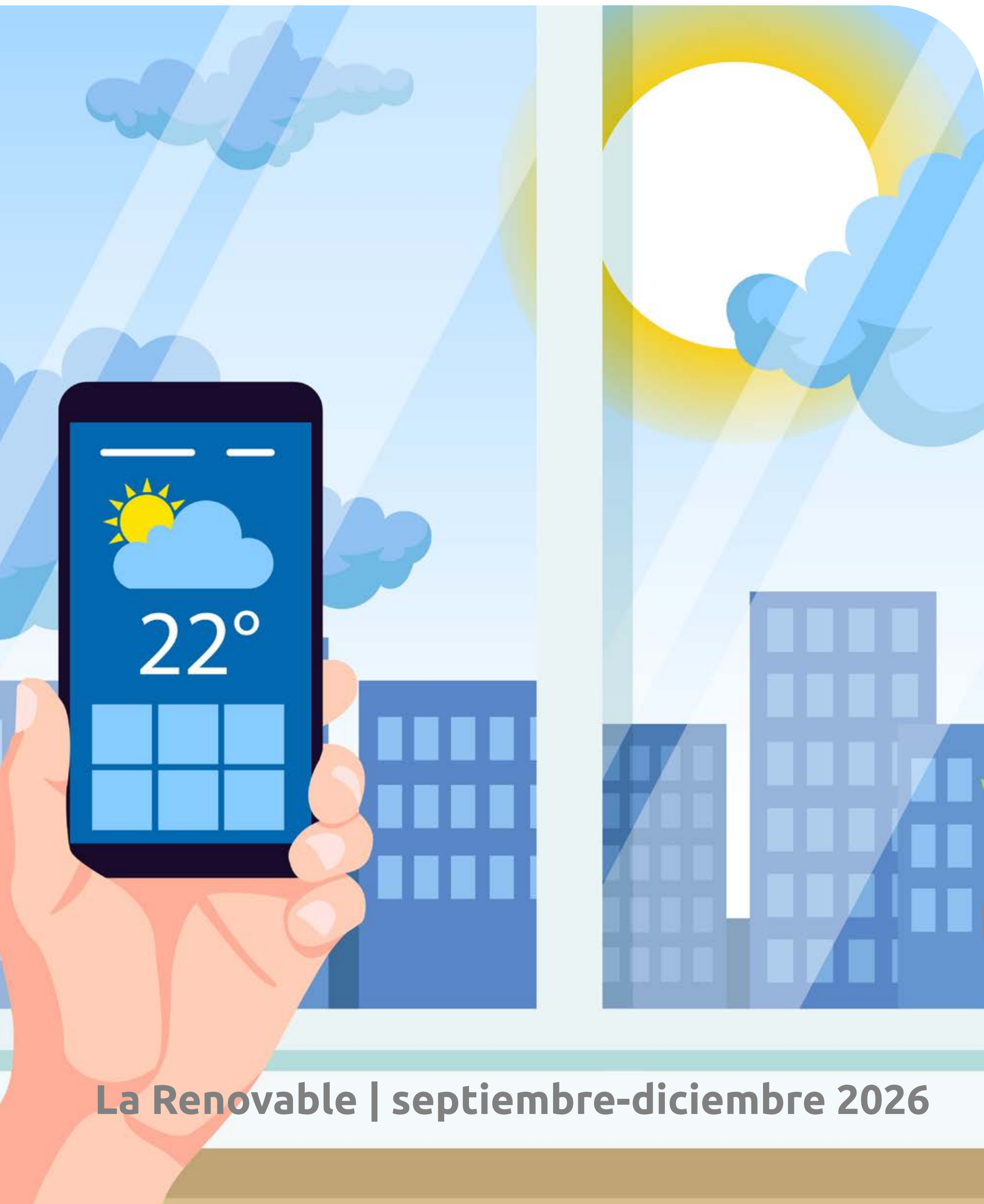
Celdas solares de película delgada: una nueva ventana a la energía

Arelis Ledesma Juárez

Autoría situada: La Dra. Arelis Ledesma Juárez es doctora en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (Tecnología de materiales) por la UAEM. Su investigación se centra en materiales semiconductores para tecnologías solares emergentes. Actualmente realiza una estancia postdoctoral en el IER-UNAM, trabajando en celdas solares CIGS.

Piensa en las ventanas de tu casa o de tu escuela, ¿te imaginas que estas o incluso la pantalla de tu teléfono celular pudieran generar electricidad solo con la luz del sol? Esta idea parece de película, ¿verdad? (Figura 1). Pues mira, ahora mismo, personas científicas e ingenieras de todo el mundo están trabajando para que esto sea una realidad.

Figura 1. Imagen representativa de una ventana y celular aprovechando la luz solar para la generación de energía.



Una de las cosas más interesantes que están desarrollando son las celdas solares de película delgada; estas pueden transformar la luz del sol en electricidad usando muy poquito material. Esto abre un sinnúmero de nuevas opciones que van más allá de los típicos paneles solares a base de silicio que ya conocemos ^{[1] [2] [3]}.

La energía del sol es abundante y prácticamente inagotable. El Sol proporciona mucha potencia cada segundo, alrededor de 342 Wm^2 ; de la cual, solo el 70% (239 Wm^2) llega a la Tierra ^[4]. Esta recibe cerca de 173,000 TW de energía del Sol cada segundo. Esta cifra equivale a unas 10,000 veces el consumo energético global de la humanidad. Por eso, aprovechar bien esta fuente de energía es uno de los grandes desafíos de hoy.

Las celdas solares funcionan gracias a un proceso que llamamos «efecto fotovoltaico». Cuando la luz del sol cae sobre uniones de materiales semiconductores, los electrones de esos materiales recolectan energía de los fotones (que son las partículas de luz), generando pares electrón-hueco. En el interior de la celda hay un campo eléctrico que hace que estas cargas se separen, dirigiendo a los electrones hacia un lado de la celda y los huecos hacia el lado opuesto, lo que provoca una diferencia de potencial, es decir, un voltaje. Cuando la celda es conectada a un circuito externo, los electrones se empiezan a mover a través de él, creando una corriente eléctrica ^[5]. Con esa electricidad, podemos hacer funcionar aparatos, encender luces en una casa o hasta dar energía a toda una red eléctrica.

La mayoría de los paneles solares que vemos en los tejados de casas, escuelas o edificios están fabricados con silicio. Pero los científicos han buscado otras alternativas para que esos paneles sean más baratos, más ligeros y se puedan usar en más sitios o aplicaciones. Las celdas solares de película delgada presentan las características antes mencionadas. En estas, las capas que recolectan la energía del sol son superdelgadas, de tamaño micrométrico o nanométrico. Gracias a esto, estas celdas de película delgada son ligeras y se pueden doblar. Así, se pueden colocar en lugares donde los paneles a base de silicio

no cabrían ^[6]. Imagínate en el futuro: podrían estar en las paredes de los edificios, en ventanas, en coches eléctricos, en mochilas, en aparatos electrónicos pequeños o incluso en la ropa que llevamos, ¡generando energía eléctrica!

Para fabricar estas celdas solares, se usan materiales llamados calcogenuros. El nombre suena un poco raro, pero son compuestos que contienen elementos como el azufre, el selenio o el telurio, mezclados con diferentes metales. Uno de los calcogenuros más utilizados e investigados es el material formado por cobre, indio, galio y selenio (CIGS), debido a las características que presenta: un ancho de banda prohibida o *band gap* ajustable entre 1.0 y 1.7 eV. El *band gap* es la energía mínima que necesita el electrón para pasar de la banda de valencia a la banda de conducción. Esta propiedad permite que el CIGS se diseñe para absorber diferentes regiones del espectro solar. Asimismo, posee un alto coeficiente de absorción y estabilidad a largo plazo ^[7]. El CIGS es clave en la celda solar porque es el material que absorbe la luz. Es decir, esta capa es la que recolecta la energía del sol y la convierte en electricidad. Una de sus mejores cualidades es que puede absorber mucha luz solar solo con una capa muy delgada, ¡de 1 μm ! ^[8]. Gracias a esto, las celdas solares de CIGS compiten con algunas de las celdas de silicio que se venden en el mercado, mostrando eficiencias de 23.6% y 27.6%, respectivamente.

Las celdas solares basadas en CIGS han mostrado buenos resultados; sin embargo, dentro de su estructura usan sulfuro de cadmio (CdS) como capa «búfer». El cadmio es tóxico, y usarlo preocupa por el impacto que pueda tener en los seres humanos y en la naturaleza; por ello, quienes realizan investigación en materiales buscan alternativas que sean más seguras, más amigables con el medio ambiente y sin que se vea afectado su rendimiento. El sulfuro de indio o de zinc son los candidatos más prometedores. Tienen varias ventajas: son menos tóxicos, dejan pasar muy bien la luz (así llega más luz a la capa que la absorbe) y además se pueden depositar con técnicas bastante sencillas y baratas. Todo esto los convierte en opciones muy interesantes.





Figura 2. Ejemplo de algunas aplicaciones de las celdas solares de película delgada.

Buscar materiales alternativos al CdS (como el sulfuro de indio y de zinc) nos demuestra que la innovación no es solo generar energía, sino hacerla de una manera más sostenible y que cuide el planeta ^[9]. Por ello, en el Instituto de Energías Renovables se trabaja en la fabricación de celdas solares de película delgada CIGS, utilizando materiales alternativos al CdS como capa búfer ^[10].

Las cosas que se podrían hacer con estas celdas solares de película delgada son increíbles. Probablemente, en los próximos años veremos edificios con ventanas que generan electricidad, coches que recargan sus baterías solo con estar aparcados al sol y hasta pueblos lejanos que tendrán electricidad gracias a sistemas solares ligeros y fáciles de llevar (Figura 2).

La transición hacia las energías renovables necesita nuevas ideas, nuevos materiales y nuevas tecnologías. Lo que hoy se investiga en los laboratorios, mañana podría estar en nuestro día a día. Quizá dentro de unos años, cuando mires una ventana o la pared de un edificio, no la verás solo como un trozo de cristal, sino como una pequeña fábrica que produce energía limpia. ☀️

Nota: La autora usó la herramienta de inteligencia artificial Copilot para generar la Figura 2. El *prompt* fue: «Genera una imagen sobre lo siguiente: edificios con ventanas que generan electricidad, coches que recargan

sus baterías solo con estar aparcados al sol y hasta pueblos lejanos que tendrán electricidad gracias a sistemas solares ligeros y fáciles de llevar. Lo que hoy se investiga en los laboratorios, mañana podría estar en nuestro día a día».

Referencias

- [1] T. Shiyani, «Transparent solar PV panels», en *Solar PV panels-recent advances and future prospects*, IntechOpen, Feb. 2023.
- [2] N. Rathore, N. L. Panwar, F. Yettou, y A. Gama, «A comprehensive review of different types of solar photovoltaic cells and their applications». *International Journal of Ambient Energy*, vol. 42 no.10, pp. 1200-1217, Dec. 2021.
- [3] T. Feurer, P. Reinhard, E. Avancini, B. Bissig, J. Löckinger, P. Fuchs, y A. N. Tiwari, «Progress in thin film CIGS photovoltaics—Research and development, manufacturing, and applications», *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 25 no.7, pp. 645-667, Oct. 2017.
- [4] E. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, A. Adelodun, y K. H. Kim, «Solar energy: Potential and future prospects», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp.894-900, Feb. 2018.
- [5] R. Paschotta, «Photovoltaic Cells», en *RP Photonics Encyclopedia*, En línea. Disponible en: <https://doi.org/10.61835/8lz>. Accedido: 25-06-2026
- [6] F. Kessler, y D. Rudmann, «Technological aspects of flexible CIGS solar cells and modules», *Solar energy*, vol. 77, no. 6, pp.685-695, Dec. 2004.
- [7] B. Farhadi, y M. Naseri, «Structural and physical characteristics optimization of a dual junction CGS/CIGS solar cell: A numerical simulation». *Optik*, vol. 127, no. 21, pp.10232-10237, Nov. 2016.
- [8] A. Khamis, N. I. M. Rodzi, y N. Z. A. Naharuddin, «Absorber layer improvement and performance analysis of CIGS thin-film solar cell», *Journal of Ovonic Research*, vol. 20, no. 3, pp. 309 - 323, Jun. 2024.
- [9] A. Ennaoui, S. Siebentritt, M. C. Lux-Steiner, W. Riedl, y F. Karg, «High-efficiency Cd-free CIGSS thin-film solar cells with solution grown zinc compound buffer layers», *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 67, no. 1-4, pp. 31-40, Mar. 2001.
- [10] A. Ledesma-Juárez, J. F Quintero-Guerrero, y A. M. Fernández, «Structural, Morphological and Optical Comparison of In-S Films Deposited by CBD and Ultrasonic Pyrolytic Spraying, as a Buffer Layer in CIGS Solar Cells», *Chalcogenide Letters*, vol. 22, no. 12, pp. 1009-1018, Dec. 2025.

Miguel Robles Pérez. ¿Cómo contribuye el IER a la transición energética justa en México y el mundo?

Alejandro Cerda Barroso

Autoría situada: **Alejandro Cerda Barroso.** Nació en la Ciudad de México pero vive en Cuernavaca desde muy pequeño. En su primaria y secundaria le enseñaron a cuidar la naturaleza y a ser curioso, puso un sistema de captación de agua de lluvia en su prepa, y participó en el Congreso de Investigación CUAM-ACMor y en ExpoCiencias Nacional 2023 con una investigación sobre cómo cambia la resistividad de la pirita al calentarla. Estudia la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables en el IER y actualmente participa en el programa de becas KOSPIE para estudiar y hacer prácticas profesionales en Alemania. Le interesan las cooperativas energéticas y las microrredes eléctricas inteligentes, piensa que las matemáticas son divertidas y le apasiona la física.

Esta es una entrevista al Dr. Miguel Robles Pérez, director del Instituto de Energías Renovables (IER) de la UNAM, para conocer sus opiniones y puntos de vista acerca de la transición energética y cómo el IER aporta desde la investigación al respecto.

El Dr. Miguel Robles Pérez, estudió física y llegó al entonces Laboratorio de Energía Solar buscando hacer investigación en películas delgadas de semiconductores que tuvieran una aplicación real: las celdas fotovoltaicas de bajo costo. Después, en el posgrado, regresó a la física teórica haciendo simulaciones de materiales reales, y siempre ha buscado que su investigación tenga un impacto en la transición energética. En esta entrevista le preguntamos cómo es que hoy en día el IER contribuye a la transición energética justa en México y el mundo.



Dr. Miguel Robles Pérez

Alejandro Cerda: ¿Podría dar una definición de qué es la transición energética?

Miguel Robles: Para mí, lo que llamamos transición energética es un cambio bastante profundo en la forma en que la civilización actual se desarrolla. El descubrimiento que nos marcó fue el uso de los hidrocarburos. Su desarrollo tecnológico fue un parteaguas, porque permitió multiplicar el trabajo que se podía realizar con el mismo esfuerzo humano y construir muchas más cosas.

MR: El asunto es que no hay almuerzo gratis; hay costos ambientales y sociales asociados que no se tomaron en cuenta desde el principio y que todavía se soslayan. Lo que yo llamaría transición es el paso de una civilización basada en hidrocarburos a una sociedad cuyo centro de desarrollo esté basado en un conglomerado de fuentes accesibles de manera más directa, implicando la integración de tecnologías avanzadas.

AC: Además del porcentaje de electricidad renovable ¿qué otros indicadores deben usarse para medir el avance en el logro de esta transición?

MR: La construcción de indicadores no es simple, pero no hay que recorrer caminos ya re-



que avance a nivel legal. En el poder ejecutivo, este sexenio probablemente sea de los más influyentes.

Hoy en día, el subsecretario de planeación energética es investigador del Instituto y el de hidrocarburos es egresado de aquí.

corridos. Los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) de la ONU plantearon un esquema de desarrollo diferente. Dejaron que los países decidieran sus metas, pero estandarizaron cientos de indicadores en 17 ODS. El esquema de monitoreo ya está hecho, siendo el mayor aporte de la Agenda 2030. Muchos países ya miden indicadores adecuados. Estos son muy variables: producción de energía renovable, uso, apropiación social de la tecnología, pobreza energética o daño ambiental.

MR: Al construir nuevas infraestructuras, es fundamental equilibrar las exigencias de impacto entre distintas fuentes de energía. Es muy común no incluir esto al construir una planta de ciclo combinado, mientras que es muy exigente para cuando construyes una central fotovoltaica. Se habla acerca de la tecnología fotovoltaica y su impacto a nivel social porque abarca mucho terreno, y es real. Se necesitan grandes extensiones para una granja solar, pero lo que no se hace equivalente es el área que daña ambientalmente una termoeléctrica, que puede ser mayor. La transición energética va más allá de simplemente sustituir plantas; tienes que diseñar una red eléctrica nueva, acoplando generación centralizada y distribuida, lo que forma un sistema complejo.

AC: ¿Cómo contribuye el IER a avanzar en estos indicadores?

MR: El instituto tiene tradición de participar en la toma de decisiones, la cual debe tener influencia del conocimiento. Siempre ha habido interacción con diferentes niveles del gobierno. Nuestros investigadores participan en el establecimiento de normas nacionales o en el Congreso de la Unión. A mí me ha tocado estar en su Comisión de Energía, impulsando la generación distribuida, lo que ha ayudado a

Las actividades de los 40 años del IER han llegado a un nivel de influencia muy alto, sin contar con exestudiantes en empresas como Siemens o Tesla, quienes también mueven parte de la política.

AC: ¿Qué significa una transición «justa» y cómo contribuye el IER?

MR: La justicia viene de la rama social de la sostenibilidad. El problema no es puramente técnico; ya tenemos soluciones tecnológicas y, si tienes dinero, puedes comprar el sistema de almacenamiento con baterías para que tu casa pueda estar desconectada de la red. Pero ¿qué haces con quienes no pueden comprarlo para que no sea solo un privilegio? Además, la población no es estándar, tiene condiciones y necesidades diversas. La transición es un cambio de civilización porque tienes que llevar la tecnología, hacerla accesible y lograr su apropiación en las comunidades, es decir, que realmente lo vean como beneficio y no como un regalo caído del cielo. Hablar de transición justa es ponerle el apellido que le hace falta: no es nada más cambiar centrales de gas por fotovoltaicas. Es más efectivo lograr una transición desde la parte distribuida, aceptando que la parte social de la sustentabilidad tiene que resolverse en el camino.

AC: ¿Cuáles son las líneas de investigación del IER que han tenido más impacto?

MR: Aplicar las soluciones térmicas en comunidades ha sido muy exitoso; por ejemplo, los calentadores de agua y ahora los secadores solares. El Instituto también construyó una instalación agrovoltáica para generar y compartir conocimiento sobre cómo se integran las tecnologías de energía renovable en comunidades pequeñas.

En 40 años de existencia se ha aumentado la calidad de la investigación y se han generado proyectos multidisciplinarios. Ahora, las líneas de investigación no se limitan a materiales y concentración solar como en los inicios del IER, sino que tenemos gente que trabaja en bioenergía, alimentos, eólica, e integración de renovables en redes eléctricas, entre otras.

AC: ¿Qué nueva línea de investigación le interesa y tendrá impacto en la transición?

MR: Me interesa entender la complejidad de los sistemas energéticos, los cuales tienen un desarrollo disruptivo y exponencial. Las tecnologías de almacenamiento se están insertando con fuerza. Hace 40 años, había baterías de mala calidad y altos costos; hoy, los costos bajan rápido y están a punto de tener relevos. Hablamos de baterías de litio, pero ya empezamos a hablar también de sodio, además del almacenamiento térmico y mecánico.

MR: La verdadera disrupción ocurre cuando se integran estas tecnologías a diferentes escalas para dar independencia a las personas usuarias. El verdadero potencial del almacenamiento viene cuando diseñas centrales que le den autonomía completa a un comercio, casa o industria. Esa autonomía es el ingrediente que faltaba para hacer disruptiva la transición. Esto es complejo, porque hay muchísimas formas de hacer el balance entre lo que almacenas y lo que generas, ya que implica mucha aleatoriedad.

MR: Esta interacción requiere controles no lineales. En una casa, una batería te permite operar autónomamente o usar datos climáticos para desconectarte inteligentemente y quedar en modo «isla» durante una tormenta. A una escala mayor, esto implica conectar la toma de decisiones a datos climáticos y de uso. Las edificaciones quieren trasladar los picos de consumo a horas en las que la electricidad es más barata, cambiando los patrones. Todo eso exige generar enormes cantidades de datos y usar métodos avanzados para tomar decisiones; ese es el problema que me gustaría trabajar.

AC: ¿Cuáles son los mayores retos para la transición y por qué cuesta avanzar?

MR: Se ha logrado mucho. Que puedas comprar la tecnología y que solo sea cuestión de dinero es un avance enorme comparado con hace 40 años, cuando eran verdaderos sueños. Las dificultades para acelerarla, están muy relacionados con cómo se controla, regula y financia, y cómo hacer que la comunidad se apropie de la tecnología. El IER ayuda con la formación de recursos humanos de alto nivel (en licenciatura en ingeniería, maestría y doctorado), con la divulgación del conocimiento, participando en la formulación de políticas públicas e incidiendo en las comunidades.

AC: Hacia 2030 y 2050, ¿cómo ve el papel del IER?

MR: Es un papel de transición generacional. Las generaciones que empezaron todo esto ya están dando la estafeta a las nuevas, que tienen que tomar las decisiones de hacia dónde ir, porque la visión del mundo ya cambió. Es momento de preparar al Instituto para que tomen esas decisiones lo mejor posible.

AC: ¿Qué harán en el IER si se logra el 100% de renovables o la fusión nuclear?

MR: Es una pregunta que será línea de investigación. Queremos aprovechar la energía del sol, pero estamos en los albores de tecnologías que demandan más energía. La inteligencia artificial (IA) demanda mucha más que los centros de datos del internet actual. Al aparecer tecnologías así es difícil ir para atrás; la necesidad se multiplica y las fuentes actuales, a lo mejor, ya no bastarán. El futuro requerirá ubicar geográficamente grandes consumos o desarrollar vectores energéticos distintos. Debes ubicar centros de datos donde hay sol, geotermia, viento o mar. Generar energía en el espacio puede no ser tan loco. El transporte espacial multiplicaría la energía necesaria. El mundo ideal quizás sea uno donde el hidrógeno verde se utilice tanto para producir biocombustibles como en reactores de fusión. Los nuevos desarrollos tecnológicos requerirán nuevas fuentes de energía. Me voy a dedicar a este tema de investigación cuando deje la dirección. ☀

El manual energético para gobernar el futuro

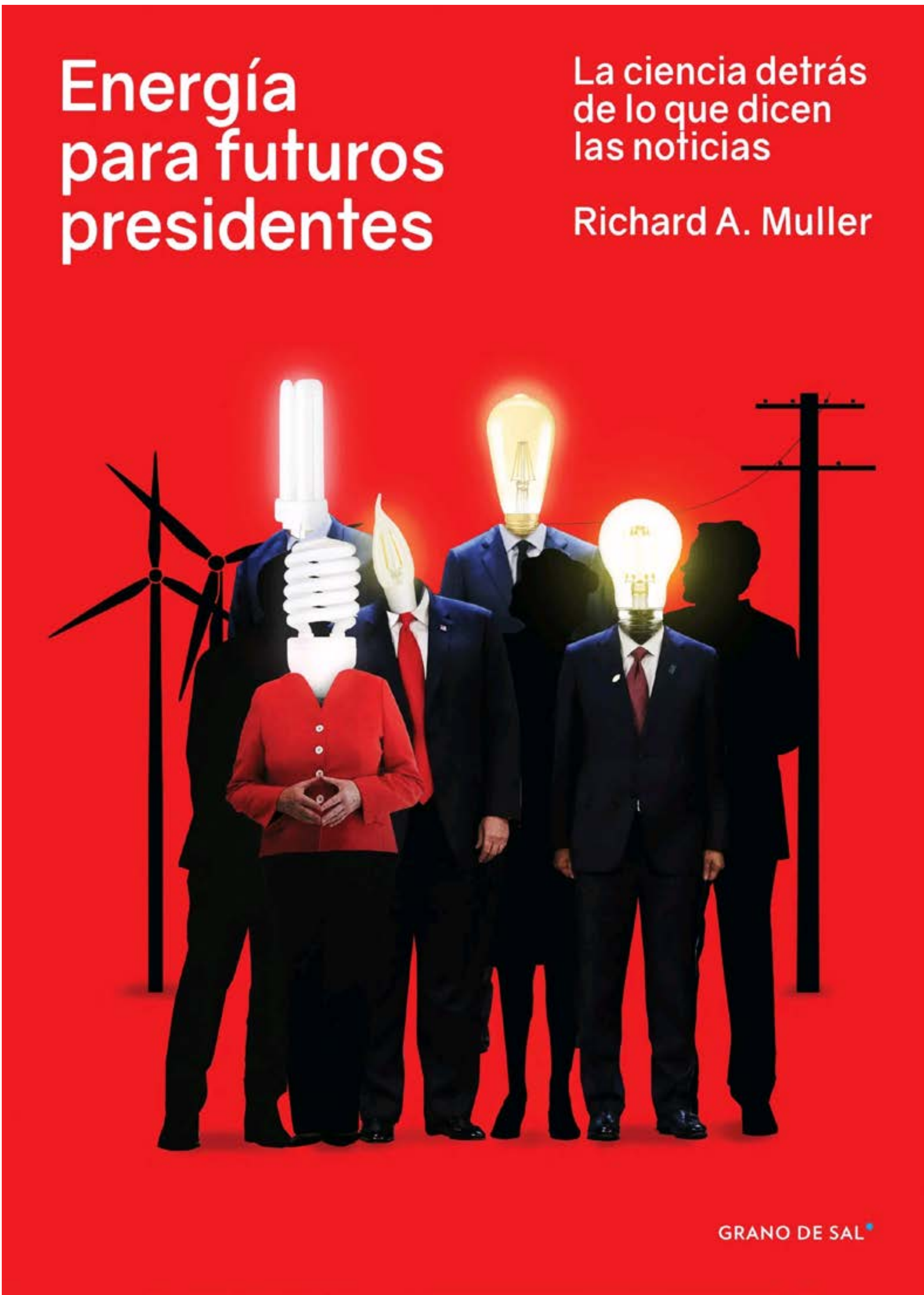
José Pérez García

Autoría situada: Dr. José Pérez García es pofesor jubilado, doctor en Socioformación y Sociedad del Conocimiento e investigador independiente especializado en evaluación educativa, resiliencia y psicología del deporte en entornos de alta exigencia. Es nadador máster de aguas abiertas y gélidas, actividad que le permite combinar la vivencia empírica en condiciones extremas con el rigor científico para explorar la respuesta humana ante incidentes críticos, la autorregulación emocional y el bienestar integral.

¿Qué harías si la estabilidad energética de tu país dependiera de tu firma? En esta breve reseña se analiza el libro *Energía para futuros presidentes* del físico Richard A. Muller ^[1]. A través de una mirada fresca, datos sólidos, claros y difíciles de refutar, el autor desarma una serie de mitos trascendentales que impactan el futuro del planeta. Sugiere, para el caso de México, centrar la atención en tres de ellos: los derrames de petróleo en el Golfo, el pánico nuclear y el costo real del cambio climático. En la obra se explora con rigurosidad la viabilidad de alternativas como los autos eléctricos y la urgencia de reducir las emisiones de dióxido de carbono, convirtiéndose en una guía de supervivencia indispensable para los ciudadanos de las nuevas generaciones, quienes tomarán las decisiones del mañana.

El caos cuando se apaga el mundo

Imagina que tienes cinco por ciento de carga en tu celular, es de noche y, además, se corta la luz en toda la colonia o barrio donde vives. Esta sensación de catástrofe y desesperación inmediata que sientes es similar a la crisis que enfrentan los actuales gobiernos cuando piensan en el futuro del planeta. Devoramos energía de manera vertiginosa y pocas veces nos cuestionamos de dónde viene.



Este libro intenta precisamente sacarnos de esa ignorancia y se dirige especialmente a las personas jóvenes, porque el desarrollo de un país depende de cómo manejen la tecnología y la política energética.

La ciencia contra el mito y la política

Lo relevante de esta obra es cómo el autor utiliza la física para echar abajo los titulares escandalosos de los medios. Al abordar el cambio climático, el autor nos enseña por qué urge reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y nos obliga a hacernos una pregunta incómoda: ¿realmente podemos detener el calentamiento global con las estrategias actuales?; y para responderla nos invita a tener presente el espectro político que contamina el debate, donde los «alarmistas» exageran las catástrofes y los «escépticos» niegan la evidencia científica.

Con datos contundentes, Muller demuestra que la recuperación ecológica en el Golfo de México tras el gran derrame petrolero fue notablemente rápida, gracias a las vedas pesqueras y a los ciclos naturales. También desarma el pánico nuclear, aclarando que la muerte lamentable de 20,000 personas



en Japón fue causada por el tsunami que provocó el sismo y no por la planta de Fukushima, donde los casos de cáncer a largo plazo no superarán los cien.

Además, pone sobre la lupa tecnologías populares, cuestionando si la alternativa de los autos eléctricos es viable actualmente, considerando que su impacto verde depende totalmente de si la electricidad que los alimenta se genera con carbón o con fuentes limpias.

Tu firma en el decreto de sustentabilidad

Con respecto al calentamiento global, Muller advierte que el problema es serio, pero puede ser contraproducente para la economía del país combatirlo con soluciones cosméticas o extremadamente costosas. Se necesita ingeniería viable, un presupuesto inteligente y menos discursos ideológicos.

¿Puedes hacer algo al respecto aunque no esté en tus planes ser presidente? Absolutamente sí. Si quieres participar exigiendo un futuro limpio, en lugar de ser sólo una persona espectadora, este libro es un excelente punto de partida. Necesitas gobernar tus decisiones cotidianas sustentadas en un razonamiento equilibrado, es el primer decreto para cambiar el rumbo del planeta. 🌱

Referencias

[1] R. A. Muller, *Energía para futuros presidentes: la ciencia detrás de los titulares*. Ciudad de México, México: Editorial Grano de Sal SA de CV, 2019.

Reseña de película

El niño que domó el viento

Yuridiana Rocío Galindo Luna

¿Te imaginas los desafíos de crecer en África?, específicamente en Malaui, al sureste del continente africano, donde la agricultura es una actividad difícil de realizar. En ese entorno se desarrolla esta historia ^[1], en la que conocemos a William Kamkwamba, un joven al que le encantaba armar radios viejos y equipos electrónicos con el objetivo de averiguar cómo funcionaban. Su familia, de escasos recursos, envía a Will a la escuela para que logre desarrollar su potencial.

Durante la temporada de siembra, llegaron las lluvias intensas, para luego dar paso a las sequías, y esto provocó que las cosechas se perdieran, y el hambre apareció por todo el pueblo. La gente de la comunidad perdía la esperanza; pero en William la curiosidad despertaba, y se las arregló para entrar a la biblioteca de la escuela.

William Kamkwamba en una conferencia ^[2].



Ojeando libros sobre energía, encontró algo que lo sorprendió: ¡el viento tenía la solución! Con la idea como impulso, se propuso encontrar las piezas que necesitaba: entre ellas, un dinamo, el cual consigue con ayuda de su hermana (de quien debe despedirse). La idea de Will crea desconfianza en su padre, pero una reflexión lo hace cambiar de opinión. Entonces, nuestro protagonista consigue todas las piezas y arma un dispositivo para bombear agua utilizando energía eólica, cambiando el destino de su pueblo.

Esta historia nos muestra que el conocimiento espera por nosotros, confiando en que nuestra curiosidad señale el camino, y que la creatividad se asome en los momentos de mayor adversidad. Por si se preguntaban qué paso con William, bueno, él se graduó de la universidad y continuó desarrollando ideas que cambian al mundo. 🌱

Referencias

- [1] C. Ejiofor, director. *The Boy Who Harnessed the Wind* [Película]. Netflix, 2019.
- [2] H. C. Library System, «William Kamkwamba», Flickr, 29 de noviembre de 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/hocolibrary/8230861156/in/photostream/> [Accedido: 09-07-2026].



IER
Instituto de Energías
Renovables

EL FUTURO ENERGÉTICO NECESITA NUEVAS MIRADAS.

Buscamos la tuya en la
Ingeniería en Energías Renovables.

¡Conócela!

www.lier.unam.mx

Informes: lier@ier.unam.mx

