

# Jugo de Sol

## Combustibles a partir de fotosíntesis artificial

Por Oscar Miyamoto Gómez

Transformar los rayos del Sol en combustibles líquidos le permitiría al mundo prescindir del petróleo, el carbón mineral y el gas natural como principales fuentes de energía. Para hacerlo realidad se están desarrollando dispositivos inspirados en las hojas de las plantas. México participa activamente en estas investigaciones.

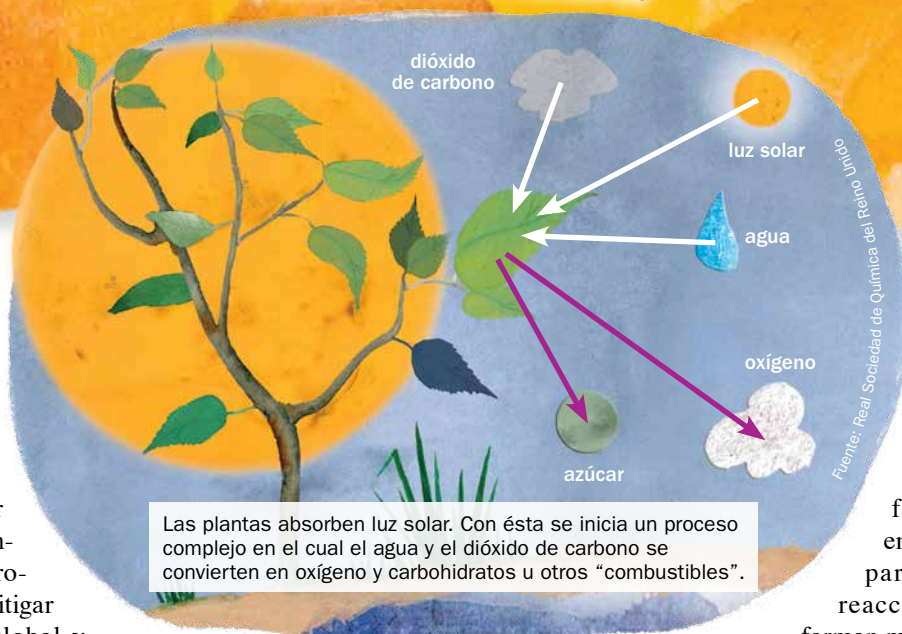
**Cada hora** la Tierra recibe radiación solar equivalente a toda la energía que la humanidad consume en un año. Según algunos investigadores, el secreto para aprovechar al máximo esta fuente renovable de energía es reinventar el proceso mediante el cual se alimentan plantas, algas y cianobacterias, esto es, crear una hoja artificial. Pero en vez de convertir la luz solar en glucosa como hacen las plantas, estos dispositivos la acumularán químicamente en forma de líquidos inflamables, tales como etanol y metanol.

Producidos con este método y a escalas industriales, estos alcoholes serían suficientemente baratos para dar energía a nuestros hogares, medios de transporte



Ilustraciones: Juanjo Colsa

## Fotosíntesis natural



Las plantas absorben luz solar. Con ésta se inicia un proceso complejo en el cual el agua y el dióxido de carbono se convierten en oxígeno y carbohidratos u otros "combustibles".

y fábricas. Aunque se encuentra en las primeras etapas de desarrollo, la fotosíntesis artificial y los energéticos derivados de ella (mejor conocidos como combustibles solares) prometen en el futuro mitigar el calentamiento global y salvarnos de la crisis debida a la escasez de combustibles fósiles, que hoy generan el 85% de la energía requerida por la tecnología.

### Luz, agua y aire: vida

Los organismos fotosintéticos existen desde hace unos 2500 millones de años. Con la energía de la luz solar, estos organismos separan el hidrógeno del oxígeno presentes en el agua ( $H_2O$ ) y capturan el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) del aire para ensamblar carbohidratos nutritivos que son el alimento del organismo. El oxígeno que hoy contiene la atmósfera se debe a la fotosíntesis. Los organismos fotosintéticos son el primer eslabón de la cadena alimenticia. Esto significa que la mayoría de las especies obtienen su energía y constituyentes moleculares directa o indirectamente a partir de este mecanismo biológico.

Sin la fotosíntesis no existirían el petróleo, el carbón ni el gas natural. Éstos se forman a partir de restos orgánicos sedimentados que hace millones de años pertenecieron a diversas formas de vida, muchas

de ellas fotosintéticas. Por lo tanto, nuestros vehículos y fábricas funcionan nada menos que con la energía del Sol.

Si bien conocemos muchos secretos de la fotosíntesis, los científicos todavía no consiguen construir a gran escala hojas artificiales tan baratas y eficientes como para que los combustibles solares compitan comercialmente con los fósiles. Héctor Calderón Benavides, investigador de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional (IPN), está construyendo un prototipo de hoja artificial que tenga las siguientes capacidades:

La fotosíntesis artificial y los combustibles solares prometen en el futuro mitigar el calentamiento global y salvarnos de la escasez de combustibles fósiles.



1) captar fácilmente la radiación solar (por medio de materiales semiconductores como los que componen las celdas fotovoltaicas), cuya energía se aprovechará para desencadenar las reacciones químicas que forman metanol o etanol,

- 2) disponer de una membrana o filtro que deje circular los iones de hidrógeno resultante, pero que aisle los de oxígeno a fin de que no se oxiden los componentes del sistema y
- 3) poder transformar durante su vida útil mucha más energía que la que requiera su instalación.

Otro de los desafíos que enfrenta Calderón es descubrir fotocatalizadores, o materiales que hagan reaccionar el  $CO_2$  en presencia de hidrógeno con ayuda de la luz, como ocurre en las plantas. Para ser buen candidato, una sustancia debe abundar en nuestro planeta y ser resistente a la radiación solar para que su composición química no se altere.

La solución podría provenir de la nanotecnología y la microscopía electrónica.

### Reto microscópico

Calderón, doctor en ciencias e ingeniería de materiales por la Universidad Northwestern, Estados Unidos, considera indispensable conocer en detalle los materiales que se emplearán en la hoja artificial. Visualizar sus es-

## Fotosíntesis artificial

estructuras atómicas antes y después de que se degraden por las emisiones ultravioleta del Sol ayudaría a comprender mejor el rompimiento de las moléculas de agua a partir del cual se obtiene el hidrógeno puro que formará en parte el etanol y metanol. El investigador mexicano ha puesto a prueba sustancias como el óxido de cobalto y el óxido de níquel para transferir las cargas eléctricas de la manera más directa posible en su prototipo y así conseguir que la energía solar se almacene eficientemente en los enlaces químicos de los alcoholes deseados. Con este propósito ha ensamblado plantillas micrométricas de ambos óxidos, abundantes en nuestro país, mediante técnicas de deposición química de vapores. En una cámara aislada se liberan vapores de la sustancia que se quiere depositar. Las moléculas se adhieren a un sustrato y se obtiene una película delgada muy pura. Héctor Calderón también investiga el comportamiento del vanadato de bismuto, el cual podría componer los alambres que surcan la superficie de los artefactos fotosintéticos.

Los científicos del Centro de Fotosíntesis Artificial (JCAP, por sus siglas en inglés), ubicado en California, estiman que una hoja artificial idónea necesitaría convertir al menos una décima parte (10%) de la radiación que recolecte; es decir, tendría que ser 10 veces más eficiente que



las mismas plantas para ser sustentable y duradera.

### Sencillos pero brillantes

Quemar combustibles solares no incrementaría los niveles actuales de  $\text{CO}_2$  en aire. Las hojas sintéticas —de manera análoga a la vegetación— capturarían ese gas de efecto invernadero y lo depositarían en la estructura molecular del metanol o del etanol. Reciclar dióxido de carbono es una de las razones por las que los científicos con metas ecológicas han puesto especial atención en la fotosíntesis artificial. La Real Sociedad de Química del Reino Unido y otros organismos académicos han planteado la posibilidad de instalar conjuntos de

Las hojas artificiales toman  $\text{CO}_2$  de la atmósfera, de modo que quemar los combustibles solares que producirán no incrementará la concentración de este gas en el aire.



hojas artificiales que absorban el  $\text{CO}_2$  y las aguas residuales producidas por las fábricas.

Aunque los paneles solares son cada vez más baratos y eficientes para alimentar aparatos, vehículos e incluso edificios enteros, tienen inconvenientes: no funcionan de noche, requieren baterías —que son tóxicas— para acumular la energía, y la energía que producen no se puede transmitir a grandes distancias. En cambio el metanol y el etanol se pueden almacenar en tanques para distribuirse y activarse cuando y donde se necesite.

El hidrógeno molecular ( $\text{H}_2$ ) también figura como un combustible solar capaz de competir con los energéticos tradicionales. Este gas se puede obtener de las hojas artificiales cuando éstas fragmentan moléculas del agua. Cuando se combina con oxígeno, el  $\text{H}_2$  libera grandes cantidades de energía por gramo. Estimaciones del Centro de Información de Combustibles Alternativos del Departamento de Energía de Estados Unidos, indican que la cantidad es unas tres veces mayor de la que se obtiene de la gasolina. Se trata de un proceso que no libera  $\text{CO}_2$  y cuyo residuo es agua pura.

Un ejemplo de cómo podrían ser los automóviles basados en  $\text{H}_2$  es el vehículo experimental Naya, puesto a prueba en 2015 por científicos del Centro de Investigación y Estudios Avanzados

## VISIONARIO SOLAR

La posibilidad de hacer combustibles solares se planteó por primera vez en 1912. El químico italiano Giacomo Luigi Ciamician (1857-1922) publicó en la revista *Nature* un texto titulado "La fotoquímica del futuro". Ciamician sugería obtener gas metano excitando con luz solar una mezcla de agua y  $\text{CO}_2$ . Sin este trabajo tan adelantado para su época, posiblemente no existirían las innovaciones actuales sobre fotosíntesis artificial, cuyas posibilidades incluso hoy parecen de ciencia ficción. Por ejemplo, si se perfeccionaran las hojas sintéticas, sería más sencillo colonizar Marte porque los combustibles necesarios para mantener la colonia podrían hacerse ahí en vez de tener que transportarlos desde la Tierra.

Giacomo Ciamician, profesor de química en la Universidad de Bolonia, se propuso estudiar las plantas desde el tallo y las hojas hasta los organelos donde se produce la fotosíntesis y sus estructuras moleculares. Así se volvió el primero en investigar de manera sistemática las reacciones de compuestos orgánicos catalizadas por la luz. Hoy se le considera el padre de la fotoquímica y pionero de la biotecnología.

Ciamician vivió cuando el carbón mineral era la fuente de energía más socorrida. Pero él hacía énfasis en prescindir de ese recurso limitado y contaminante, al cual él mismo llamaba energía solar fósil. Al mismo tiempo se dedicó a divulgar los beneficios de sacarle jugo al Sol, cuyo brillo bañará la Tierra otros 4000 millones de años. Este visionario, nominado en nueve ocasiones al premio Nobel de Química, se dio cuenta de que la fotosíntesis sería vital para resolver algunos de los problemas de la sociedad industrializada:

la contaminación ambiental y la falta de alimentos, salud y energéticos.

(CINVESTAV-IPN). Omar Solorza Feria, líder del equipo que construyó este coche eléctrico, dice que las baterías del prototipo se alimentan a partir de la oxidación de hidrógeno en una celda y el vehículo, de 180 kilos, alcanza los 35 kilómetros por hora. Pese a estos avances, la tecnología actual aún no está lista para usar hidrógeno como combustible. Por si fuera poco, este gas es muy explosivo y para capturarlo y almacenarlo en estado líquido hay que presurizarlo y enfriarlo a  $250^\circ\text{C}$  bajo cero.

Sería relativamente más sencillo energizar con metanol la maquinaria ya existente. Los motores de combustión interna tradicionales tendrían que adaptarse con aditivos para procesar de manera segura ese alcohol. De hecho, el metanol ya es un asistente energético en países como China, donde se le mezcla con gasolina sin plomo a concentraciones de 15%. En cuanto a su des-

empeño los automotores, el metanol es más eficiente que la gasolina convencional pues su fórmula contiene oxígeno, necesario en la ignición. Asimismo, ese alcohol es resistente a la compresión y posee un alto octanaje, lo que quiere decir que sus detonaciones son más fáciles de controlar y desperdician menos energía. De emplearse como combustible para autos, el metanol reduciría las emisiones de gases tóxicos y agentes químicos que deterioran la capa de ozono. Estudios de la asociación internacional Methanol Institute indican que todas estas ventajas se obtendrían independientemente del tipo y antigüedad de los vehículos. Pero aún no es posible usar metanol como combustible a gran escala porque tradicionalmente esta sustancia se obtiene a partir de procesos costosos y contaminantes.

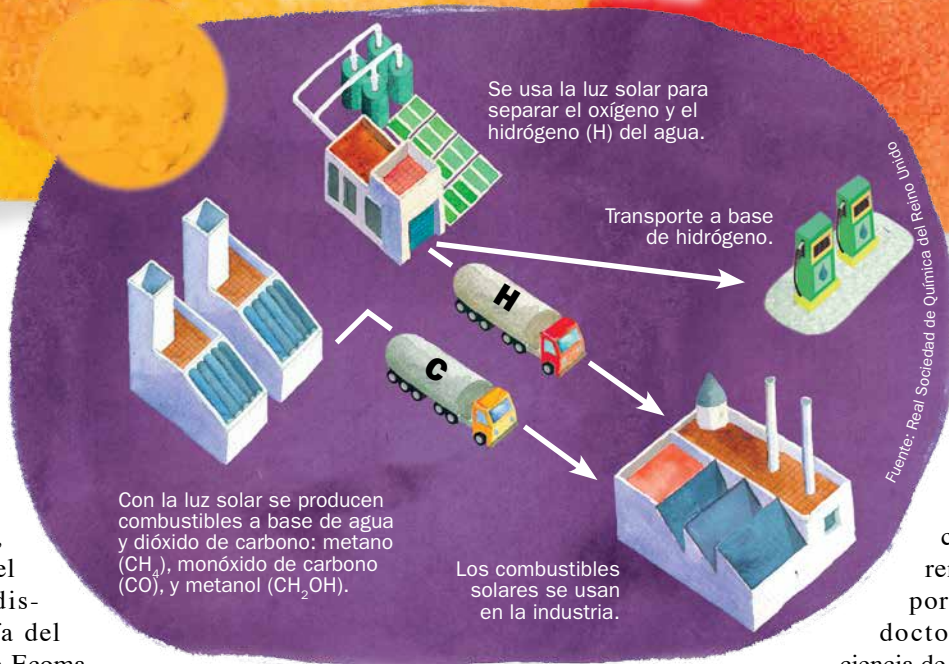
## Red de cerebros

Son tantos los desafíos tecnológicos para manufacturar hojas artificiales baratas y eficientes, que varias instituciones mexicanas han unido fuerzas. Actualmente existe una red especializada en combustibles solares compuesta por el CINVESTAV-IPN, el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) y las universidades



Naya, un coche que funciona con hidrógeno.

## Combustibles solares



autónomas de Nuevo León (UANL), San Luis Potosí (UASLP) y Metropolitana (UAM). Leticia Torres Guerra, coordinadora del conjunto interdisciplinario y jefa del Departamento de Ecomateriales y Energía del Instituto de Ingeniería Civil de la UANL, señala que una de las metas de esta cooperación es que México sea uno de los principales promotores de las energías alternas en Latinoamérica.

La científica mexicana, doctora en química del estado sólido por la Universidad de Aberdeen (Escocia), calcula que sólo el desarrollo nacional de fotocatalizadores requeriría alrededor de 100 millones de pesos. También considera que con los presupuestos actuales estas tecnologías tardarán al menos una década en madurar en México. Desde 2012 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ha destinado 30 millones de pesos al desarrollo de combustibles solares en nuestro país. En contraste, centros como el JCAP, laboratorio líder en su tipo, disponen de un presupuesto de 120 millones de dólares para cinco años de investigación.

La red de expertos ha sintetizado en el laboratorio sustancias con rendimientos similares e incluso superiores a los reportados por grupos de otros países. Según Torres, han elaborado aleaciones metálicas cuyas

estructuras encausan muy bien la electricidad y ayudan a la fotocatalisis —la absorción de luz para acelerar la reacción del hidrógeno y oxígeno en los prototipos de hojas artificiales—. El equipo investiga, entre otras cosas, una forma de mejorar el potencial de la perovskita (mineral óxido) y otros materiales basados principalmente en metales alcalinotérreos. En la experimentación con estos componentes resistentes a la radiación, los científicos los ensamblan en plantillas que miden unos cuantos nanómetros o hasta unas cuantas micras.

### MÁS INFORMACIÓN

- Barrios, Celina E., Elim Albitzer y Rodolfo Zanella, "La fotosíntesis artificial, una alternativa para la producción de combustibles", *Mundonano*, Vol. 8, No. 15, julio-diciembre, 2015: [www.mundonano.unam.mx](http://www.mundonano.unam.mx)
- Franco Triviño, Yarina E., Diana P. Vargas Sánchez, Gloria C. Oliveros Sterling, "Fotosíntesis artificial, en busca de un planeta verde" en: [https://issuu.com/royce/rg/docs/revista\\_fotosintesis](https://issuu.com/royce/rg/docs/revista_fotosintesis)

Según Christian Gómez Solís, miembro de la red nacional, en 10 años estos prototipos convertirán el 5% de la luz que capten, la mitad del rendimiento sugerido por el JCAP. Gómez, doctor en ingeniería y ciencia de los materiales por la UASLP, indica que hasta la fecha los materiales que han desarrollado tienen una eficiencia de 1%.

Los investigadores que están desarrollando esta tecnología biomimética (que imita a la naturaleza) confían en que en una sociedad energizada con metanol, etanol o hidrógeno disminuirá la pobreza causada por los conflictos armados en torno a reservas petroleras, como los que persisten en el río Níger (una de las regiones más contaminadas del mundo), en Nigeria.

Si se quemaran todos los combustibles fósiles que hay, la atmósfera acumularía tantos gases de efecto invernadero —que aceleran el cambio climático— como los que había en el planeta antes de la fotosíntesis. Mucho antes de que se agoten las reservas mundiales de petróleo, gas y carbón la humanidad tendría que prescindir de ellos para asegurar su supervivencia y la de las otras especies, al menos mientras siga brillando el Sol. 🌞

Oscar Salvador Miyamoto Gómez es maestro en Comunicación por la UNAM. Ha ejercido el periodismo de ciencia desde 2011.