

CELDA SOLARES ORGÁNICAS: LIGERAS, FLEXIBLES Y UNA ALTERNATIVA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA

JONATAN RODRÍGUEZ REA Y
MARISOL GÚIZADO-RODRÍGUEZ

Jonatan es Ingeniero Químico egresado de la FCQel de la UAEM, es Maestro en Ingeniería y Ciencias Aplicadas y actualmente estudia el doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en el CIICAp-ICBA de la misma universidad, con una tesis relacionada con el desarrollo de polímeros donador-aceptor para su evaluación en celdas solares orgánicas. Marisol Guizado Rodríguez es doctora en Ciencias con especialidad en Ciencias Químicas egresada del CINVESTAV-IPN, trabaja en el CIICAp-ICBA de la UAEM, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel II, tiene un grupo de investigación "Química de Nuevos Materiales", en el que se desarrolla la línea de investigación: Desarrollo de nuevos polímeros orgánicos para aplicaciones optoelectrónicas (por ejemplo, celdas solares orgánicas) y sensores.

El mundo ha cambiado gracias al gran avance tecnológico de las últimas décadas. Por ejemplo, es una maravilla poder disfrutar de la inteligencia artificial, o que con una simple búsqueda en los dispositivos electrónicos podamos tener acceso a cualquier información. El incremento de la población y el deseo a tener más comodidades en la vida diaria han provocado un aumento en la demanda energética industrial y doméstica. Lo anterior se ve reflejado en la disminución de las reservas de las fuentes de energía no renovables tales como petróleo y gas natural con las que todos estamos familiarizados. También se ha provocado un deterioro del medio ambiente, contaminación excesiva de la atmósfera y calentamiento global que repercuten en el cambio climático que cada día es más notorio. Por ello, la comunidad científica y la industria se han enfocado en encontrar nuevas tecnologías que produzcan energía de manera rentable, renovable (inagotable), a bajo costo y amigable con el medio ambiente.

REINVENTANDO LAS CELDAS SOLARES USANDO

Las celdas solares, también llamadas celdas fotovoltaicas, son parte de las tecnologías que cumplen con los requerimientos deseados, puesto que captan la radiación solar y la transforman en electricidad, considerando al Sol como una fuente inagotable de energía.

En la actualidad las celdas solares basadas en materiales inorgánicos tales como el silicio poseen el mayor desarrollo tecnológico para la conversión de energía solar en corriente eléctrica. Aunque esta tecnología ha sido bastante útil, también presenta una gran limitante al momento de abastecer a la población, dado que se necesitan altos costos de fabricación además de que al terminar su vida útil se convierten en desechos que no necesitamos. En la actualidad este tipo de celdas solares son las que se encuentran en los hogares, empresas o en la mayoría de los lugares donde se cuenta con el aprovechamiento de la energía del Sol para generar electricidad.

Como una alternativa se han diseñado dispositivos fotovoltaicos con una o más capas de materiales orgánicos, es decir compuestos a base de carbono; los cuales además presentan ventajas tales como: semi-transparencia, flexibles, ligeros, portátiles, bajo impacto ambiental, fácil integración en otros productos y costos de fabricación significati-

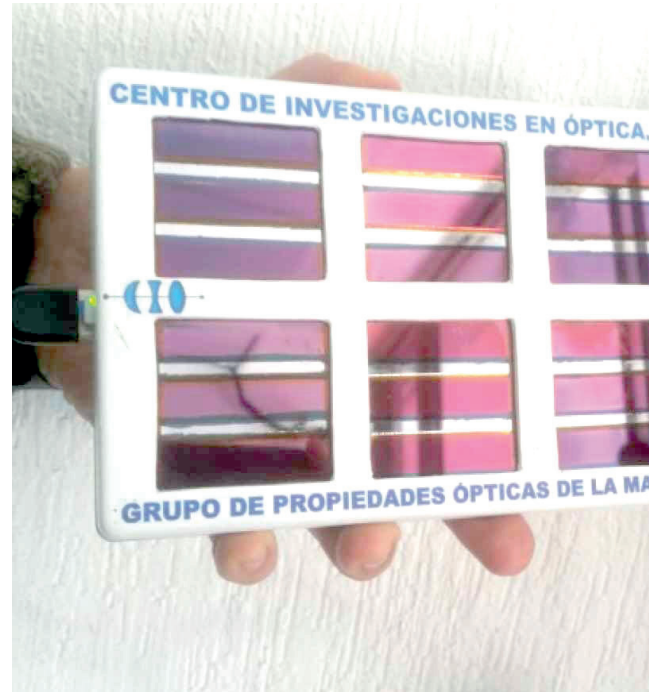


FIGURA 2. CELDAS solares orgánicas. Tomada de <https://www.cio.mx/noticia/articulo.php>

vamente menores en comparación con tecnologías inorgánicas. A estos dispositivos se les conoce como celdas solares orgánicas (Figura 2).

¿CÓMO SE GENERA ELECTRICIDAD A PARTIR DE LA LUZ DEL SOL?

Una celda solar opera mediante un proceso llamado *efecto fotovoltaico* (Figura 3), que básicamente consiste en que un material al captar la luz proveniente del Sol genera corriente eléctrica.

Hablemos un poco más de este impresionante efecto: este proceso fue descubierto por primera vez en 1839 por Edmond Becquerel. De hecho, es muy interesante que Albert Einstein, quien es más reconocido por su Teoría de la Relatividad, estaría obteniendo un premio Nobel en 1921 por la explicación del efecto fotovoltaico, lo que refleja cuán importante para el mundo es este descubrimiento.

Para tener más claridad al respecto es necesario explicar dos puntos, primero que la corriente eléctrica es un flujo de cargas (en este caso los electrones) en movimiento sobre

¿LA ENERGÍA SOLAR ES UNA ALTERNATIVA VIABLE?

Ante tal necesidad han surgido diferentes formas de generar energía limpia, entre las cuales figuran la energía eólica, que a partir de una especie de "molinos de viento" conocidos como aerogeneradores, aprovechan la energía del viento para generar corriente eléctrica. Otros ejemplos de energías limpias son la mareomotriz (aprovecha la energía de las mareas) y geotérmica (aprovecha el calor del interior de la tierra). También se tiene muy claro que la energía solar puede ser aprovechada de distintas formas y cumplir con los requisitos ya mencionados. Sin embargo, la transformación de la luz solar en energía eléctrica continúa siendo un nicho de investigación crucial en las últimas décadas. Según la CONAGUA, México goza de una situación privilegiada en cuanto a

irradiación solar con un promedio anual de 5.3 kilowatts-hora por metro cuadrado en un día (Figura 1).

Para hacernos ver el inmenso tesoro que tenemos frente a nuestros ojos, podemos comparar la irradiación solar que percibe Alemania (país líder en usar energía solar), esta es de 1.2 kilowatts-hora por metro cuadrado, es decir nuestro país capta más de 4 veces energía solar que Alemania, lo que nos convierte en una nación potencialmente fuerte para aprovechar el regalo que nos da el Sol cada día. En México hay conciencia al respecto, de hecho, en el Plan Nacional de Desarrollo se ha establecido como objetivo alcanzar el 35% de energías renovables para el 2024, donde la energía solar es altamente representativa.

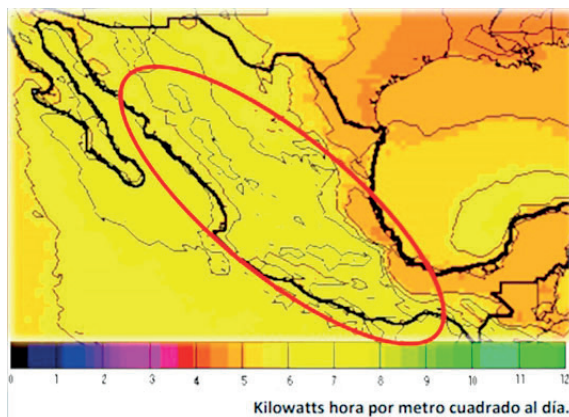


FIGURA 1. KILOWATTS hora por metro cuadrado que recibe México durante un día. Tomada de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/presentacion1.pdf>

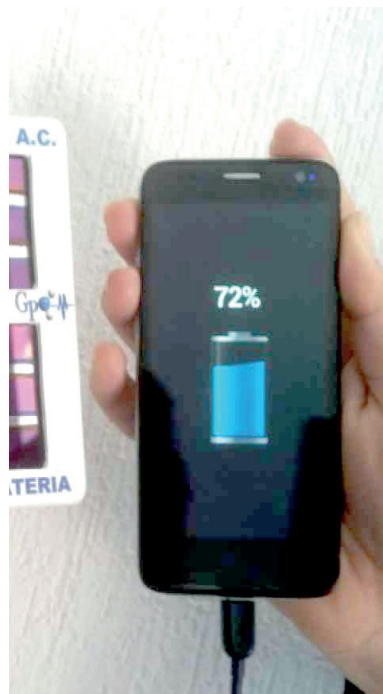
Referencias

- > <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/presentacion1.pdf>
- > <https://www.cio.mx/noticia/articulo.php?se=259992>
- > <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/>
- > <https://doi.org/10.1002/anie.201808976>
- > <https://www.forbes.com.mx/engie-instala-celdas-sol>



RENTABLES; A MÉXICO

OTROS MATERIALES



?se=259992&s=3611&gh=194994

A algún material que permita dicho flujo, por ejemplo, un metal; el segundo punto consiste en que la luz del Sol llega a nosotros en forma de ondas que poseen determinadas energías. En el efecto fotovoltaico lo que ocurre es que la luz del sol al impactar el material hará que los electrones adquieran mayor energía de la que poseen y sean liberados para viajar a través del material. Una vez que los electrones sean libres pueden ser recolectados por materiales conductores para generar la corriente eléctrica.

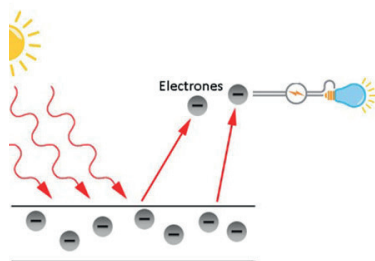


FIGURA 3. REPRESENTACIÓN del efecto fotovoltaico. ea inicial de <https://solar-energia.net/energia-lar-fotovoltaica/efecto-fotovoltaico>

¿CÓMO FUNCIONA UNA CELDA SOLAR ORGÁNICA Y CÓMO SE HACEN?

En las celdas solares orgánicas, el material activo que absorbe la energía del Sol es una película más delgada que un cabello, este es una mezcla de un polímero semiconductor, el cual es una macromolécula que conduce la corriente eléctrica (donador) y usualmente, una molécula con forma de balón de fútbol conocida como fullereno (aceptor); la energía del Sol en forma

de paquetes de energía o fotones es absorbida y se forma un excitón (un par electrón-hueco), el electrón pasa de un espacio llamado orbital que se encuentra ocupado (HOMO) a un orbital vacío (LUMO), se difunde y se disocia (entre el donador y el aceptor), después hay un transporte y colección de cargas hacia los electrodos (cátodo y ánodo) (Figura 4).

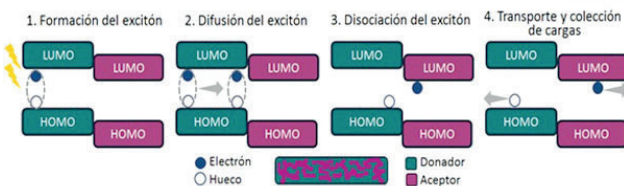


FIGURA 4. FUNCIONAMIENTO de una celda solar orgánica. Tomada de [Tesis de doctorado Miriam Rangel Ayala, CIICAp-ICBA, 2020]

La forma en que se depositan estas películas es mediante una solución líquida. Una analogía puede ser la impresión de tinta sobre el papel. De igual forma estos dispositivos fotovoltaicos orgánicos pueden imprimirse, lo que abre la posibilidad de producirlos a gran escala. La peculiar forma de fabricación abre una inmensa posibilidad de aplicaciones, desde mochilas, ropa, dispositivos portátiles y casi cualquier superficie que puedas imaginar, como ventanas inteligentes, las cuales regulan la entrada de luz, calor y son autónomas energéticamente.

INVESTIGACIÓN DE CELDAS SOLARES ORGÁNICAS EN MORELOS

Es realmente importante investigar, crear e implementar nuestra propia tecnología y apreciar la energía solar que tenemos.

En otros países el uso de la energía solar ya es una realidad. Engie, una compañía francesa, ha lanzado un proyecto llamado *Harmony*, que pretende impulsar la conciencia ambiental en múltiples urbes del mundo y ha instalado las primeras celdas solares orgánicas en la capital de México.

Los retos principales para las celdas orgánicas son el incremento de la eficiencia de conversión de energía solar en eléctrica (el máximo hasta ahora es del 18 %), la reducción en sus costos de fabricación y el alcanzar un mayor tiempo de vida útil. Otro reto adicional es que las celdas solares orgánicas sean

parte de un proceso sustentable global, no solo una reducción en el gasto inicial de fabricación, sino que los materiales que se utilicen se puedan reciclar o sean biodegradables. Para lograr lo anterior se necesita trabajar científicamente de forma interdisciplinaria, es decir, aprovechando el conocimiento de físicos, químicos e ingenieros, y así ir sintetizando/modificando nuevos materiales orgánicos y desarrollando nuevas configuraciones de celdas solares.

En el Laboratorio de Nuevos Materiales del Centro de Investigaciones en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP) del Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas (IICBA) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) se diseñan, sintetizan y caracterizan polímeros semiconductores que cuentan con la propiedad de generar electricidad con la luz solar. Como se mencionó anteriormente, la fabricación de dispositivos fotovoltaicos debe ser económica, esto implica que la síntesis de los materiales activos para la generación del efecto fotovoltaico sea de igual forma rentable. Existen diversos caminos para lograr obtener polímeros para dicho fin, sin embargo, algunos son costosos e implican el uso de compuestos que generan desechos tóxicos, por esta razón en nuestro laboratorio se trabaja en la optimización de metodologías de síntesis. Una de ellas es conocida como arilación directa y con este tipo de reacciones abarcamos el área de conocimiento conocida como Química verde, que tiene como objetivo la reducción o eliminación de productos nocivos no amigables con el medio ambiente. Ejemplo de lo anterior, es la síntesis por arilación directa de un polímero llamado poli(3-hexiltiofeno), de bajo peso molecular, sin defectos estructurales,

crystalino y buena regio-regularidad (es decir, con una secuencia ordenada que aumenta la planaridad y conducción eléctrica de los polímeros, lo que ocasiona una mejora en la eficiencia de las celdas solares), con lo cual ha alcanzado una eficiencia en celdas solares orgánicas del 3.6%.

Actualmente desarrollamos la síntesis y caracterización de copolímeros semiconductores con estructura donador-aceptor. Los copolímeros son moléculas grandes que se componen de la unión de 2 o más moléculas diferentes; gracias a esta peculiaridad cuentan con propiedades fisicoquímicas relevantes, los cuales no solo pueden aplicarse en celdas solares orgánicas sino también pueden aplicarse en otras áreas como en la medicina.

Un ejemplo son los marcadores biológicos, en donde se utiliza la propiedad que tienen estos materiales -llamada fluorescencia- de emitir energía en forma de luz con una energía menor a la energía absorbida; lo anterior permite la visualización y el conocimiento de los procesos biológicos que tienen lugar en las células.

En colaboración con el Grupo de Propiedades Ópticas de la Materia (GPOM) del Centro de Investigaciones en Óptica A.C. (CIO) hemos fabricado dispositivos fotovoltaicos orgánicos a nivel laboratorio, utilizando electrodos alternativos (un cátodo utilizado es una mezcla de metales Bismuto 32.5 %, Indio 51 %, Estaño 16.5 %, llamado *Field's metal*) que pueden depositarse de manera sencilla a temperaturas menores a 100 °C, mientras que otros cátodos requieren de temperaturas más altas que implican evaporar el metal, situación que repercute directamente en el costo de fabricación.

Esperamos que, con el apoyo gubernamental y con los esfuerzos de la comunidad científica y tecnológica, la implementación de diversos tipos de celdas solares, como las basadas en polímeros orgánicos, sea una realidad en nuestro país y una alternativa para el uso de energías renovables, ya que esta tecnología produce celdas ligeras, flexibles, a bajo costo y amigables con el ambiente. El uso de energías limpias, como la solar, permitirá el desarrollo sustentable y progreso de nuestro país.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.