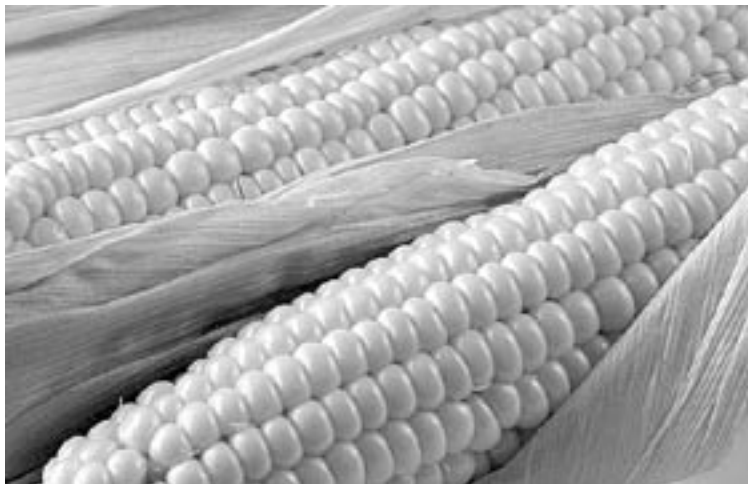


# La energía solar : una riqueza para todos



**Figura 1.** Los granos de cereales como el maíz almacenan la energía solar como energía química en los alimentos con eficiencia de conversión de 0.1%; parte de la vida terrestre sobrevive de esta fuente dorada.

**P. Karunakaran Nair**  
 Centro de Investigación en Energía,  
 UNAM  
 Miembro de la Academia de  
 Ciencias de Morelos

La riqueza de la energía solar se palpa bien en la fotosíntesis. En el Valle del Yaqui, en Sonora, México, se cosechan 5,500 kg de trigo anualmente por cada hectárea de terreno. Esta producción de grano se debe a la fotosíntesis que ocurre en las hojas de las plantas en presencia del agua, bióxido de carbono y la radiación solar. La creación de la biomasa en este proceso permite el almacenamiento de la energía solar en forma de energía química. La eficiencia de la fotosíntesis es de menos de uno hasta el ocho por ciento, dependiendo del tipo de planta. Esto significa que de cada cien unidades de energía solar que inciden sobre un área, la energía almacenada por las plantas mediante la fotosíntesis es de menos de una a ocho unidades. Más aún, en el caso del trigo y los demás cereales (como

es la cebada, el arroz y el maíz), los granos constituyen solo una fracción de la biomasa producida por la planta entera. Así, estos granos que representan la energía almacenada del Sol con una eficiencia de conversión de hasta 0.1% sustentan en gran parte la vida humana moderna (ver la figura 1). La eficiencia de conversión de hasta 0.1% de la energía solar a la energía almacenada en los granos de los cereales es muy significativa, sobre todo porque el recurso energético solar es gratis, abundante, inagotable y está disponible en casi todas las partes del mundo. Este proceso nos sugiere que la ciencia y la tecnología que se desarrollen para el aprovechamiento de este recurso serán sin duda relevantes. La figura 2 es una representación del recurso energético más abundante y vital de México: la radiación solar. La unidad de cuantificación de esta energía es el kilowatt-hora (kWh). Cada día inciden de 4.5 a 7 kWh sobre cada metro cuadrado de

los casi 1,937,000 kilómetros cuadrados de nuestro territorio. Como referencia, consideremos que un refrigerador doméstico consume entre 1.2 y 3.5 kWh de energía eléctrica por día, dependiendo del tamaño, y 5 lámparas fluorescentes de 20 W encendidas durante 10 h consumen 1 kWh.

Si como hacen las plantas, deseamos aprovechar la energía del Sol para nuestro beneficio, requerimos desarrollar materiales abundantes, baratos y no dañinos para la salud que sean capaces de interactuar con la radiación solar. Esto es precisamente lo que hacen los denominados recubrimientos ópticos y opto-electrónicos. De hecho, la conversión de la energía solar ya sea a energía térmica (lo que se denomina *conversión solar fototérmica*) o bien a energía eléctrica (denominada *conversión solar fotovoltaica*) se realiza comúnmente utilizando recubrimientos ópticos y opto-electrónicos. La eficiencia de conversión de los dispositivos que facilitan este aprovechamiento de la energía solar va del 0.1 al 60%. Pero no olvidemos que la fuente de energía es siempre gratuita. De los datos de la figura 2 podemos concluir que si suponemos que la conversión fotovoltaica de la energía solar tiene una eficiencia de, digamos, 10%, entonces si colocamos celdas solares en un área de 1 metro cuadrado, éstas serán capaces de encender 10 focos fluorescentes de 20 W por 5 horas cada día. Esta cantidad cumple con las necesidades de alumbrado de una casa mediana - rural o urbana- sin distinción de su ubicación en México.

Para aprovechar la radiación solar mediante la conversión fototérmica o fotovoltaica, el reto es encontrar tecnologías que utilicen adecuadamente las propiedades de los materiales, en particular de los materiales semiconductores, cuyas propiedades eléctricas están entre las de los conductores y los aislantes (ver *De los materiales conductores, aislantes y semiconductores a la Ley de Moore de las computadoras*, por A. Ramírez, La Unión de Morelos, 30 de agosto, 2010). Estos materiales interactúan con la radiación solar de manera selectiva ya que deben absorber, transmitir y reflejar la radiación solar de manera distinta en las diversas regiones del espectro electromagnético que está compuesto por toda la radiación electromagnética de diferentes frecuencias o longitudes de onda que existe en la Naturaleza (ver la figura 3). Asimismo, es conveniente que estos materiales formen películas delgadas capaces de cubrir

grandes áreas con poco material para abatir el costo de la tecnología solar. Esto ha dado lugar a las tecnologías de celdas solares en películas delgadas para la conversión fotovoltaica.

Los efectos que percibimos del Sol cada día son el calor y la luz visible. Sabemos que el calor solar se puede aprovechar para uso doméstico, comercial o industrial, incluyendo aplicaciones de refrigeración (ver *¿Producir frío con el Sol?* por R. Best, La Unión de Morelos, 26 de septiembre, 2011). Comúnmente este aprovechamiento requiere utilizar fluidos (líquidos o gases) que captan el calor del Sol a través de dispositivos conocidos como calentadores solares. En el proceso de calentamiento participan las regiones ultravioleta, visible e infrarroja de la radiación solar. Los recubrimientos ópticos que se utilizan para la conversión solar fototérmica absorben la radiación casi en su totalidad -más del 90%. Dependiendo del diseño, aislamiento térmico y la temperatura de salida del fluido de trabajo se puede aprovechar hasta el 50 ó 60% de la energía solar incidente convertida en calor útil. El resto de la energía solar se transfiere al entorno. Esto implica que un calentador solar de 2 metros cuadrados de área es capaz de calentar 250 litros de agua a 35 ó 40°C para uso doméstico cada día a partir del suministro de agua municipal o de pozo cuya temperatura es de 15 a 20°C.

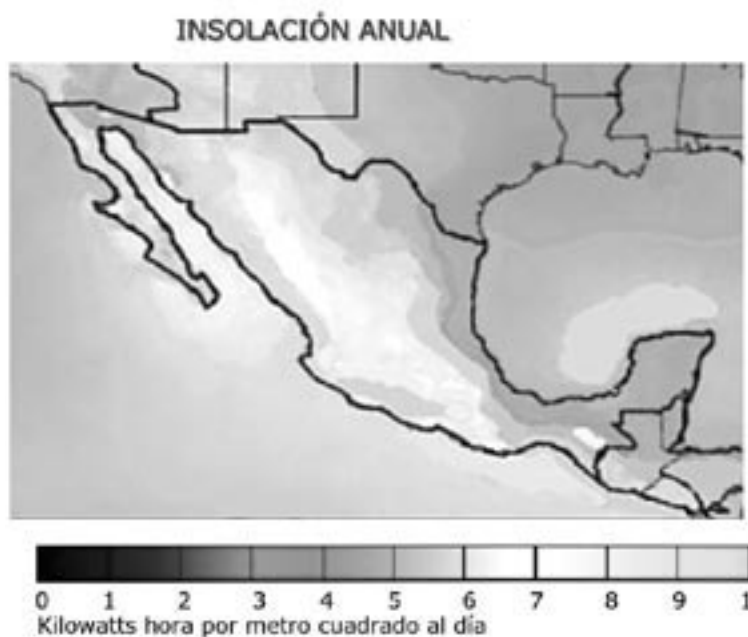
Desde el año 1986, en el Centro de Investigación en Energía de la UNAM, en Temixco, Morelos, se han desarrollado películas delgadas semiconductoras por depósito químico principalmente para aplicaciones de conversión solar fotovoltaica en dispositivos llamados celdas solares, que convierten la radiación solar en una corriente eléctrica. Las películas delgadas se forman por el depósito de átomos, moléculas e iones sobre ciertas superficies. Estas películas delgadas semiconductoras se pueden depositar so-



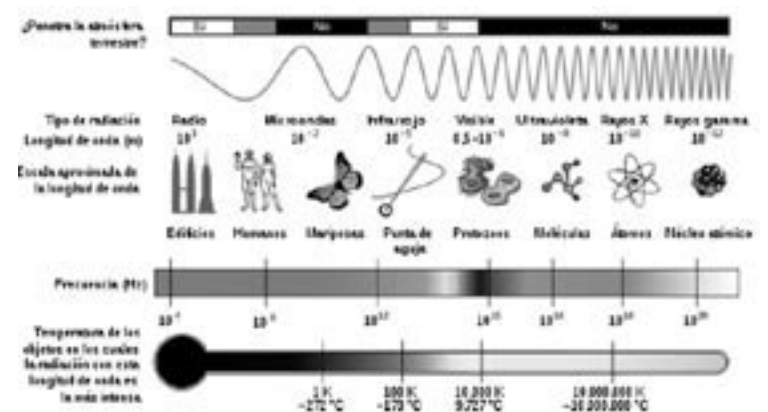
**Figura 4.** Laboratorio de elaboración de películas delgadas semiconductoras por depósito químico en el Centro de Investigación en Energía de la UNAM.

bre sustratos de vidrio, metales, plásticos o sobre otras capas de semiconductores por inmersión en una solución o por flotación (ver la figura 4). El espesor de una película para formar parte de una estructura de celdas solares es de 10 hasta 500 nanómetros, es decir, de un centésimo hasta media milésima de milímetro.

En el desarrollo de una celda solar, se apilan diferentes capas de películas delgadas que deben cumplir con distintas funciones. En la generación de energía eléctrica mediante celdas solares sólo participa una parte de la radiación solar; el resto de la energía solar se disipa como calor o bien no es posible aprovecharla mediante los materiales que constituyen la celda. A diferencia a la conversión solar fototérmica, en la conversión solar fotovoltaica se considera a la radiación como una fuente de fotones (un fotón es un cuanto o paquete de energía de la radiación) distribuida de acuerdo a su energía. Un fotón que se registra como el color rojo en el ojo humano tiene poco más de la mitad de la energía que uno de color azul. El material semiconductor de la celda solar sólo aprovecha los fotones con energía mayor que una cantidad de energía fundamental para ese material, llamada brecha de energía, y que depende de su composición química y estructura. Como consecuencia de este comportamiento de los materiales que constituyen las celdas, los módulos de celdas solares comerciales entregan energía eléctrica



**Figura 2.** Cada día llegan de 4.5 a 7 kWh de energía solar sobre cada metro cuadrado del territorio.



**Figura 3.** Diagrama del espectro electromagnético. ([http://es.wikipedia.org/wiki/ Espectro\\_electromagnetico](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagnetico)).



¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS:  
edacmor@ibt.unam.mx

Nota: En parte, este texto apareció originalmente en el libro "Energías Renovables: 25 Años de la UNAM en Temixco". Agradecemos al Centro de Investigación en Energía de la UNAM, el compartirlo para su publicación en este espacio de divulgación.



con una eficiencia de conversión de entre 5 y 20%. Existen las celdas solares de alta eficiencia para aplicaciones espaciales, las cuales tienen un costo muy alto. Los módulos actuales hechos de silicio-cristalino entregan del 10 al 17% de la radiación solar incidente durante el día en forma de energía eléctrica. Es común que los módulos de celdas solares certificados para producir 1 kW de potencia eléctrica al medio día, trabajen efectivamente a esta potencia durante 5 a 6 horas. De esta forma generan más de 5 kWh de energía eléctrica (lo que podemos definir como 5 unidades eléctricas) por día. El área que ocupan estos módulos es de 10 metros cuadrados. Una instalación de 2 kW de módulos de celdas solares instalados en casi cualquier parte del territorio mexicano y que ocupen 20 metros cuadrados generarán 10 unidades de energía eléctrica diariamente. Esta cantidad es lo que en promedio se consume en una casa urbana cuando no se utiliza aire acondicionado. Actualmente en México existe una regulación que permite a una casa-habitación entregar a la red eléctrica la energía generada por módulos de celdas solares durante el día, y que el costo de esta energía sea descontado de la factura neta. Para una casa rural fuera del alcance de la red eléctrica convencional, se puede lograr autosuficiencia energética con la misma área de módulos que para la casa urbana, o inclusive con menos. En estos casos el excedente de la energía producida por los módulos en el día se puede almacenar en un sistema de baterías para su consumo nocturno. El llevar estos recursos tecnológicos al medio rural puede significar una mejora en el nivel de vida de sus habitantes. Así como el Sol nos facilita la obtención de alimentos a través de la fotosíntesis, también puede proveernos, a través de las celdas solares, de la electricidad que requerimos en nuestra vida diaria.

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar:  
[www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)



ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



## La Academia de Ciencias de Morelos (ACMor) y La Unión de Morelos convocan a los premios:

### Premio al Ensayo Científico Juvenil 2011

#### Quiénes pueden participar:

Estudiantes inscritos en una secundaria o en una institución de educación media superior, pública o privada, del Estado de Morelos.

#### Qué se necesita:

- Ser alumno inscrito en una secundaria o en una institución de educación media superior del Estado de Morelos, pública o privada, que cuente con reconocimiento oficial.
- Escribir un ensayo científico original, con una extensión entre 10,000 y 15,000 caracteres (contando espacios) firmado con un pseudónimo, sobre cualquier tema de las áreas de Matemáticas, Química, Física o Biología.
- Cumplir con todos los requisitos y entregar la documentación descrita en las reglas de la convocatoria.

**Fecha límite:** 14 de noviembre de 2011

#### Premios:

Se elegirá un ganador a nivel de secundaria y otro a nivel de educación media superior. Cada premio consistirá de \$ 10,000.00 M.N., un diploma y la publicación del ensayo.

#### Resultado:

El resultado se dará a conocer el día 15 de diciembre de 2011. Los ganadores serán contactados vía electrónica o telefónica para dar a conocer el fallo del jurado.

### Premio Profesor Distinguido 2011

#### Quiénes pueden participar:

Profesores que impartan clases en una secundaria o en una institución de educación media superior, pública o privada, del Estado de Morelos y se hayan distinguido por su labor en la promoción de la ciencia.

#### Qué se necesita:

- Ser profesor en una secundaria o en una institución de educación media superior, pública o privada, del Estado de Morelos.
- Haber desarrollado recientemente actividades sobresalientes que promuevan el desarrollo científico de los jóvenes de Morelos.
- Cumplir con todos los requisitos y entregar la documentación descrita en las reglas de la convocatoria.

**Fecha límite:** 14 de noviembre de 2011

#### Premios:

El premio consistirá de \$ 10,000.00 M.N. y un diploma.

#### Resultado:

El resultado se dará a conocer el día 15 de diciembre de 2011. El ganador será contactado vía electrónica o telefónica para dar a conocer el fallo del jurado.

Más información en: [www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)