

LA RENOVABLE

Instituto de Energías Renovables

UNAM

Mayo-Agosto 2023

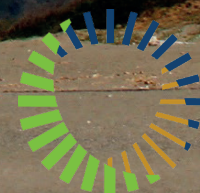
Energía eólica

Energía solar
fotovoltaica

Usos directos de
la geotermia

Vulnerabilidad
energética

Biomasa y su uso

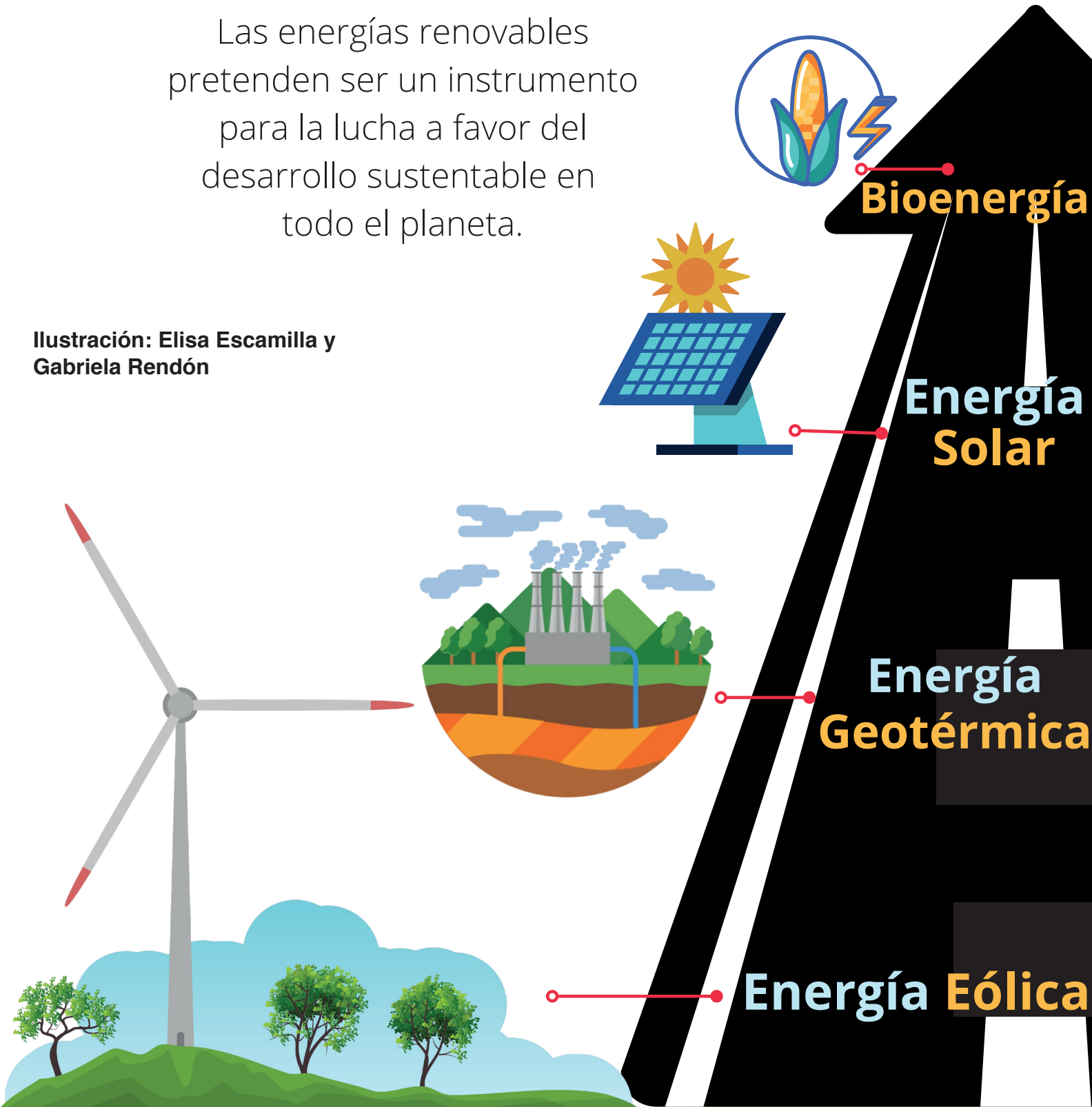


IER
Instituto de Energías
Renovables

EL CAMINO HACIA UN FUTURO SUSTENTABLE

Las energías renovables pretenden ser un instrumento para la lucha a favor del desarrollo sustentable en todo el planeta.

Ilustración: Elisa Escamilla y Gabriela Rendón



DIRECTORIO UNAM

Rector

Enrique Graue Wietchers

Secretario Académico

Leonardo Lomelí Vanegas

Secretario Administrativo

Luis Agustín Álvarez Icaza Longoria

Coordinador de la Investigación Científica

William Lee Alardín

Instituto de Energías Renovables

Directora

Marina Elizabeth Rincón González

Secretario Académico

Miguel Robles Pérez

Secretaria de Gestión e Innovación Tecnológica

Celeste Morales

Unidad de Comunicación de la Ciencia

Daniela Juárez Bahena

La Renovable

Editor

Juan Tonda Mazón

Asistente Editorial

Carlos David Leal Fulgencio

Comité Editorial

Dulce Arias Lizárraga, Guillermo Barrios del Valle, Sergio Cuevas García, Mariano López de Haro, Eduardo Ramos Mora y Antonio del Río Portilla.

Coordinadora de Evaluación

Gabriela Ruiz Rendón

Redacción

Nicté Luna, Daniela Juárez, Juan Manuel Valero y Edgar Gómez Marín

Diseño

Juan Tonda y Nicté Luna

La Renovable, Publicaciones UNAM, es una publicación cuatrimestral numerada del Instituto de Energías Renovables de la UNAM. Editor responsable: Juan Antonio Tonda Mazón, juantonda@ier.unam.mx. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título ante el Instituto Nacional de Derechos de Autor de la Secretaría de Educación Pública 04-2023-012010580600-102. Certificado de licitud de título: xxxx. Certificado de licitud de contenido: xxxx expedido por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. ISSN xxxx-xxxx. Revista digital: www.ier.unam.mx. Año 1, Número 1, mayo-agosto 2023.

Los artículos firmados son responsabilidad del autor por lo que el contenido de los mismos no refleja necesariamente el punto de vista de la UNAM. Prohibida la reproducción parcial o total del contenido por cualquier medio sin la autorización expresa de los editores.

Índice

ENERGÍA Y SOCIEDAD

¿Qué es la vulnerabilidad energética? **5**
Juan Manuel Romero Bravo

La nueva normalidad energética **8**
Elisa Escamilla Pinelo

¿Qué sucede en el mundo energético? **10**
Julieta Landa Bautista

VENTANA A LAS RENOVABLES
Energía eólica o del viento **14**
Alan Saih Hernández Acosta

Biomasa y su uso **18**
Rafael Vásquez Gómez

Usos directos de la Geotermia **20**
Sherley Mercelie Paul Mida Eugene

Energía solar fotovoltaica. **22**
Fuente prometedor,
abundante, limpia y renovable
Paola Gabriela Abrego Martínez

CHARLA CON:
Marina Elizabeth Rincón González **26**
Directora del IER
Gabriela Ruiz Rendón y Eugene Sherley Mercelie Paul Mida

RENUEVA TUS CONOCIMIENTOS
Gabriela Ruiz Rendón **28**

Foto de portada: Kervin Lara

PRESENTACIÓN

En 2023 cumplimos 37 años de la UNAM en Temixco. Nuestra historia comenzó como Laboratorio de Energía Solar del Instituto de Investigación en Materiales, en un entorno rodeado de rosales y plantíos de algodón. Posteriormente nos transformamos en el Centro de Investigación en Energía y 10 años después en el Instituto de Energías Renovables (IER). A 37 años de los inicios, nuestro entorno temixqueño también se transformó, lo que era un paisaje rural se convirtió en numerosos desarrollos inmobiliarios y plazas comerciales, quedando entre ellos pequeños parches de rosales.

En el IER, las labores sustantivas comprenden la investigación, docencia, extensión y difusión de la cultura, todas ellas relacionadas con las energías renovables y el desarrollo sustentable. Nos hemos esforzado por posicionar el tema de las energías renovables en la sociedad como una opción para evitar los gases de efecto invernadero y el calentamiento global... es nuestra misión y vocación. Sin embargo, el estado actual del mundo apremia a intensificar los esfuerzos, a sumarnos a la agenda de nuestra máxima casa de estudios, activa en los temas transversales de género, sustentabilidad e identidad universitaria.

El IER cuenta con una comunidad estudiantil diversa, pujante, comprometida con la búsqueda de soluciones a los problemas de energía, agua, alimentos, medio ambiente. Son las futuras ingenieras(os) en

ingeniería en energías renovables, las maestras(os), doctoras(es), de los posgrados en ingeniería, física, materiales y sustentabilidad. Es con la confianza de que la comunidad estudiantil, con todos sus talentos y energía, sabrá sumarse a un ejercicio divulgativo que ponga en términos simples la descripción de las fuentes de energías renovables, los alcances y limitaciones de las tecnologías que las utilizan, la necesidad de utilizarlas para transitar a una era sin combustibles fósiles, lo que nos motiva a iniciar un nuevo canal de comunicación de la ciencia: una publicación periódica del IER, que no solo pretenda la apropiación social de las energías renovables, o que solo muestre los avances internacionales y la investigación que se hace en el IER, sino que sea un canal para que se escuche la voz de la comunidad joven, sus propuestas y preocupaciones, la renovación constante de sus esfuerzos, la problemática compleja de un entorno que los acoge, que les proporciona hospedaje y alimentos, y con el que tenemos una relación de hace 37 años.

Con alegría le doy la bienvenida al nacimiento de *La Renovable*. Enhorabuena y mis mejores deseos para que sea una iniciativa exitosa.

Dra. Marina E. Rincón González
Directora del IER

EDITORIAL

Con este número de *La Renovable* iniciamos la publicación de una revista cuatrimestral que esperamos contribuya a que los estudiantes, los maestros y la población en general conozca qué son las energías renovables y entienda por qué es importante no depender en un futuro cercano de los combustibles fósiles que tarde o temprano se acabarán.

Los combustibles fósiles son los que más contribuyen para elevar la temperatura del planeta de manera artificial y a aumentar la altura de los océanos por el derretimiento de los polos. Por ello, se hace necesario hoy más que nunca que tanto investigadores, maestros y divulgadores de la ciencia, así como políticos y tomadores de decisiones emprendamos

una campaña en todos los medios de comunicación para adoptar cuanto antes una política basada en las fuentes renovables de energía.

Este primer número se ha preparado gracias a la colaboración desinteresada de los estudiantes del posgrado del IER, quienes ponen el ejemplo para que se divulguen las energías renovables.

Invitamos a toda la comunidad del Instituto de Energías Renovables de la UNAM y a todos los que se dedican a ellas a colaborar con la que esperamos sea su revista.

Juan Tonda Mazón
Editor

ENERGÍA Y SOCIEDAD

¿QUÉ ES LA VULNERABILIDAD ENERGÉTICA?

Juan Manuel Romero Bravo, rbjm@ier.unam.mx

El tema de vulnerabilidad energética en el mundo lleva alrededor de cuarenta años de investigación. Sin embargo, en la última década la comunidad científica y los gobiernos han incrementado su interés por el tema. Buscando caracterizar y medir la vulnerabilidad. El concepto de vulnerabilidad energética se introdujo en la década de los ochenta en Europa a raíz de la crisis económica derivada del embargo de petróleo realizado por el bloqueo árabe de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), lo cual ocasionó que los gobiernos europeos prestaran atención a la desigualdad energética cada vez más creciente entre sus respectivas poblaciones, principalmente en grupos vulnerables como ancianos y personas con alguna discapacidad.

El primer objetivo fue formalizar el concepto de vulnerabilidad energética; para ello era necesario definir el concepto de pobreza energética, que va ligado con el de vulnerabilidad y se dice que “es la incapacidad de un hogar de alcanzar un nivel social y materialmente necesario de servicios domésticos de la energía”, es decir, la pobreza energética surge cuando un hogar sufre niveles inadecuados de servicios de la energía.



En las comunidades rurales alejadas que no poseen electricidad, el 5% en México, la energía solar es una solución económica. (Foto: Shutterstock).

Mientras que la pobreza energética se preocupa por quienes no tienen acceso a combustibles, la vulnerabilidad energética se ocupa de quienes tienen la propensión de experimentar esta situación en el hogar, donde no puedan llegar a recibir una cantidad adecuada de servicios energéticos.

Esta condición se presenta como un proceso por el que puede pasar cualquier hogar y es en el cual se busca fortalecer el suministro energético y las políticas aplicables en el marco energético.

El trabajo que se ha hecho hasta el momento por parte del gobierno y la comunidad científica ha sido mejorar la inversión en micro generación y energías renovables para que éstas sean una alternativa de suministro energético en las comunidades (Flores, 2018).

La vulnerabilidad energética, por tanto, resalta los factores que conducen a la pobreza energética, al concentrar los factores de riesgo que contribuyen a la precariedad de espacios y grupos de personas particulares.

Vulnerabilidad energética en Latinoamérica

La vulnerabilidad energética puede verse como el resultado de una dinámica más amplia de injusticia que abarca desde la distribución de recursos económicos, hasta las relaciones políticas de reconocimiento y procedimiento. En Latinoamérica se tiene una problemática mayor, ya que no se cuenta con la infraestructura adecuada para la prestación de servicios energéticos, de acuerdo con los estándares tecnológicos y ambientales modernos.

Además, las ciudades latinoamericanas no tienen el desarrollo y equipamiento suficientes para enfrentar el continuo incremento de su población, ya que esto significa una mayor demanda del servicio hacia la infraestructura con la que se cuenta, que igualmente no se construyó de manera sostenible; para serlo, las ciudades deben, por sí mismas, o en los recursos que controlan, volverse bajas en carbono, resilientes y habitables. En ellas destaca la existencia de desigualdades sistémicas presentes a lo largo de las cadenas energéticas, involucradas en la entrega de servicios energéticos al hogar, desde las políticas que gobiernan la recuperación energética hasta la formalización de los grupos vulnerables dentro de contextos materiales e institucionales particulares.

Las evaluaciones de vulnerabilidad de los sistemas energéticos son una larga cadena de todos los procesos que llevan a cabo los sistemas, por tanto, hay varias incertidumbres acumuladas que se deben de analizar como escenarios por el tiempo variable que se



Con el crecimiento desmedido de las ciudades se han formado grandes cinturones de pobreza. (Foto: El Financiero).

vive a raíz del cambio climático.

Como se mencionó anteriormente, se busca impulsar las energías renovables, a pesar de que, a diferencia de las energías fósiles, éstas dependen del tiempo y el clima; además, los impactos del cambio climático en los sistemas energéticos no están restringidos al lado de la oferta, ya que el uso final de energía también se puede ver afectado por variaciones en los patrones de temperatura y precipitaciones. El efecto más evidente es que con temperaturas más altas hay una menor demanda para calefacción, contrario a refrigeración, que se ve en la ne-

cesidad futura de energía a nivel mundial.

La ventaja que van a presentar las energías renovables es que son in situ, es decir, se surten de ellas en la zona donde se generan; y de esta forma podrán contribuir sustancialmente a los aspectos ambientales, económicos y sociales de la sostenibilidad urbana, lo cual podría generar que las comunidades tengan energía que abastezca sus necesidades sin correr el riesgo de intermitencias, y con ello se crearían sistemas resilientes.

Debido a esto es que los textos de vulnerabilidad energética

están enfocados a países menos industrializados o menos desarrollados, y que siempre van acompañados de temas como seguridad y resiliencia de los sistemas energéticos. Algunos autores pretenden que estos países caminen hacia una descarbonización, aunque algunos creen que es demasiado caro, puede resultar incluso más caro no hacerlo.

Es importante mencionar que cada país latinoamericano tiene diferentes retos por delante, comenzando con la parte política. Sin embargo, se pueden ver semejanzas en la forma de abordar las energías renovables entre las

distintas naciones y sus medidas de eficiencia energética que dan seguridad a los sistemas energéticos y que son, a su vez, resilientes.

Resiliencia

La resiliencia se refiere a la capacidad del sistema para absorber perturbaciones y mantener sus funciones, así como la de renovarse y reorganizarse. La resiliencia depende tanto de las condiciones de los recursos naturales (suelo, agua, y biodiversidad) como del nivel de conocimiento y de la capacidad de aprender y de gestionar de los grupos humanos y

de sus instituciones (Astier et al., 2011, Berkes et al., 2000, Berkes y Jolly, 2002).

Referencias recomendadas

1. Bouzarovski, S., Petrova, S. (2015). "A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty-fuel poverty binary", *Energy Research & Social Science* 10, 31-40.
2. Snell, C., et al. (2015). "Justice, fuel poverty and disabled people in England", *Energy Research & Social Science* 10, 123-132.
3. Bouzarovski, S., Petrova, S. (2015). "A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty-fuel poverty binary", *Energy Research & Social Science* 10, 31-40.
4. Ibid., 31-40 Walker, G., Day, R. (2012). "Fuel poverty as injustice: Integrating distribution, recognition and procedure in the struggle for affordable warmth". *Energy Policy* 49, 69-75.
5. Bouzarovski, S., Thomson, H. (2017). *Energy Vulnerability in the Grain of the City: Toward Neighborhood Typologies of Material Deprivation*, *Annals of the American Association of Geographers*.
6. Joss, S. (2015). *Sustainable Cities: Governing for Urban Innovation*, First Published, Palgrave.
7. Chapman, J. D. (1989). *Geography and energy: Commercial energy systems and national policy*. Harlow, UK: Longman.
8. Schaeffer, R., et al. (2012). "Energy sector vulnerability to climate change: A review", *Energy* 38, 1-12.
9. Kammen, D., Sunter, D., (2016). "City-integrated renewable energy for urban sustainability", *Science* 352, 62-88.
10. Gatto, A., Busato, F. (2019). "Energy vulnerability around the world: The global energy vulnerability index (GEVI)", *Journal of Cleaner Production*.
11. Kennedy, C., Corfee-Morlot, J. (2013). *Energy Policy* 59, 773-783.

La nueva normalidad energética

Elisa Escamilla Pinelo
epe@ier.unam.mx

La pandemia de COVID-19 no es solo un problema de salud. La crisis generada por el virus provocó una situación de incertidumbre en todo el mundo. Aunque ahora lo primordial es el tema de la salud, es necesario poner sobre la mesa soluciones energéticas que puedan satisfacer las necesidades de las personas.

Una falla en el servicio eléctrico podría ocasionar una serie de eventos desafortunados en el sistema de salud, como sucedió en la ciudad de Tula Allende en Hidalgo. Las intensas lluvias ocasionaron el desbordamiento del Río Tula, lo que generó que el Hospital del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) quedara bajo el agua. Esta situación provocó una falla en el sistema de oxigenación por corte de energía eléctrica causando la muerte de 17 pacientes internados, entre los cuales había pacientes de COVID-19 que requerían de asistencia de oxígeno para mantenerse con vida. Ante estas severas afectaciones, el fortalecimiento de la resiliencia, o capacidad de recuperación y de la infraestructura energética se ha convertido en una prioridad urgente.

De igual manera, miles de mi-

llones de personas dependen de la electricidad mientras están aisladas en sus hogares. Las medidas de confinamiento que se han implementado han dado lugar no sólo a nuevas preocupaciones en la vida diaria, sino también a nuevos hábitos de consumo en los hogares. Si bien estas medidas son fundamentales para reducir la propagación de la enfermedad, es importante entender el impacto que estas restricciones tienen en el consumo de energía. Para algunas personas permanecer en casa y trabajar a distancia ha causado un aumento en su consumo energético. En consecuencia, miles de familias tienen preocupaciones por el incremento en el costo de sus recibos, ya que enfrentan desafíos económicos como la disminución de sus ingresos y la pérdida de empleo por la pandemia.

Se deben considerar soluciones para satisfacer las necesidades energéticas de las personas a la hora de diseñar e implementar políticas y programas, y así garantizar resultados de desarrollo equitativos en las intervenciones del sector energético. Estos esfuerzos para aumentar el acceso a energía limpia, asequi-

ble y sostenible son un punto clave en el desarrollo sostenible ya que forman parte de los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) de la ONU. Durante la crisis sanitaria del Covid-19 se demostró que es neces-

sario garantizar la sustentabilidad y reforzar la resiliencia.

La respuesta de los ODS a la Covid-19

Los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) constituyen un compromiso para abordar los problemas más urgentes a los que hoy se enfrenta el mundo. Son una oportunidad para hacer frente a la crisis económica en beneficio de la vida de las generaciones futuras. En 2015 se aprobaron los 17 ODS y hoy en día nos encontramos ante una crisis económica y sanitaria que marcará un punto de inflexión para la Agenda 2030.

La energía es el factor que contribuye principalmente al cambio climático y representa alrededor del 60% de todas las emisiones mundia-

les de gases de efecto invernadero. Aunque el uso global de electricidad está aumentando con rapidez, especialmente en los países más pobres, se necesita enfocar la atención en mejorar el acceso a tecnologías y combustibles limpios y seguros para el planeta.

Como parte de los ODS, el séptimo tiene la finalidad de “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna” y para poder alcanzarlo, los países deben proteger los logros ya alcanzados y acelerar los esfuerzos por lograr una energía limpia, asequible y sostenible para todas las personas. La meta para cumplir con el ODS 7 es aumentar de manera significativa las energías renovables, las cuales han demostrado ser más resilientes que otras partes del sector energético durante la crisis provocada por la

pademia de Covid-19.

La crisis está profundizando las desigualdades preexistentes, exponiendo vulnerabilidades en los sistemas sociales, políticos y económicos que a su vez están amplificando los impactos de la pandemia. La falta de acceso a la energía puede obstaculizar los esfuerzos por contener la enfermedad en muchas partes del mundo. Se estima que solo el 28 % de los centros de salud tiene acceso a una electricidad fiable en el África subsahariana. Sin electricidad, las mujeres y las niñas tienen que pasar horas buscando agua, las clínicas no pueden almacenar vacunas para los niños y las niñas, muchos estudiantes no pueden hacer los deberes por la noche y la gente no puede administrar sus negocios. Este es un llamado urgente a revisar nuestros valores y comportamientos, y una oportunidad para diseñar una nueva era de desarrollo que equilibre el progreso económico, social y ambiental según lo previsto por la Agenda 2030 y los ODS.

Es fundamental que las lecciones aprendidas de la pandemia de Covid-19 se utilicen para exigir enfoques de políticas que reconozcan la importancia del acceso a la energía en las diversas poblaciones del mundo, y así permitir que surjan futuros energéticos más justos y sostenibles. No obstante, no debemos olvidar la necesidad de seguir trabajando en otros Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) que serán claves para la sostenibilidad del mundo a largo plazo.

El Objetivo de Desarrollo Sustentable número 7 de la ONU señala claramente: energía asequible y no contaminante.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



¿Qué sucede en el mundo energético?

Julieta Landa Bautista, lbj@ier.unam.mx

El concepto “energía” tiene distintas acepciones:

- En física, se define como la capacidad para realizar un trabajo
- En tecnología y economía, se refiere a un recurso natural y a la tecnología asociada para explotarlo y hacer un uso industrial o económico del mismo.

En la tecnología, la energía la podemos utilizar en una gran cantidad de aparatos y maquinaria que nos hacen la vida mucho más fácil.

La energía es un recurso natural o tecnológico, que se requiere para el progreso de la sociedad. Éste puede ser renovable, denominada también limpia, ya que son aquellas que se producen en forma continua y son inagotables para la sociedad o son las que se obtienen de fuentes naturales casi inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales y su disponibilidad energética es mayor que las fuentes de energía convencionales.

Las energías convencionales — petróleo, gas, carbón—, que se irán agotando y terminando finalmente. Por ello es apremiante dar inicio o continuar paulatinamente con el uso de energías renovables, ya que poseen los costos son más bajos de instalación y son naturalmente para la sociedad, además de que cons-

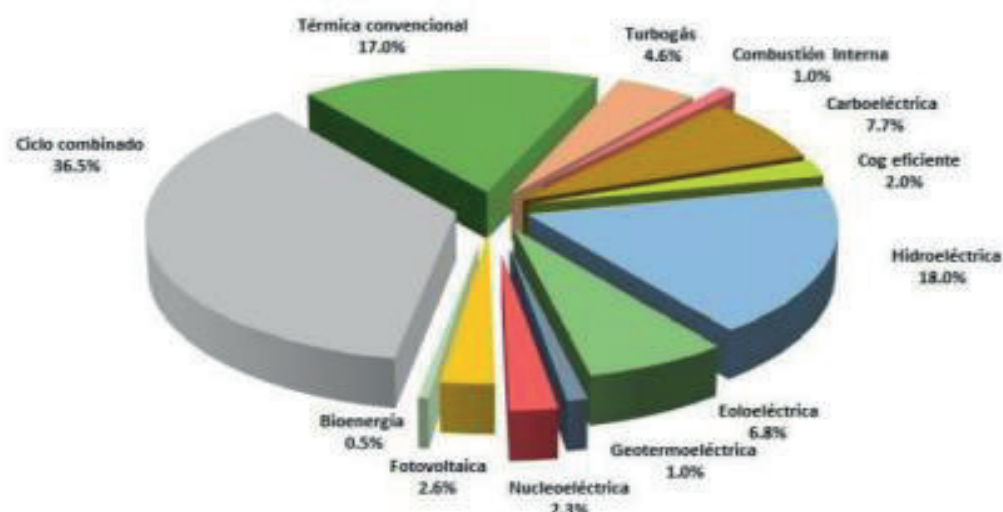


Figura 1. Capacidad instalada de energías renovables por tipo de tecnología en México.

tituyen una exigencia social por el incremento de seres humanos que habitan en nuestro planeta. Cabe recalcar y es digno de mencionar el incremento del uso de fuentes de energías renovables en estos últimos años.

En México la energía se clasifica según el tipo de tecnología en dos grandes categorías: tecnologías convencionales y tecnologías limpias. El análisis de este texto se centra, específicamente, en las energías renovables y, dentro de ellas, principalmente en la eólica y fotovoltaica, en las que México tiene un gran potencial por los recursos disponibles. Según el ranking de IRENA 2019, México es el cuarto país en Latinoamérica con mayor potencial eólico,

destacando estados como Oaxaca, Tamaulipas, Coahuila y Yucatán con ráfagas de aire de hasta 10 m/s —el promedio mundial es de aproximadamente 6,5 m/s—. Además, México se encuentra en el cinturón solar con un promedio de irradiación solar superior al global, con más de 5 kW/h al día. Las zonas con mayor potencial son Chihuahua, Durango, Sonora y Baja California (Asolmex), superando incluso los 8 kW/m² al día. Por ende, México tiene un potencial superior a los líderes en generación de energía fotovoltaica en el mundo como son España o Alemania.

La capacidad instalada fue de 70,053 MW en 2018, presentando una reducción del 7.4 % con res-

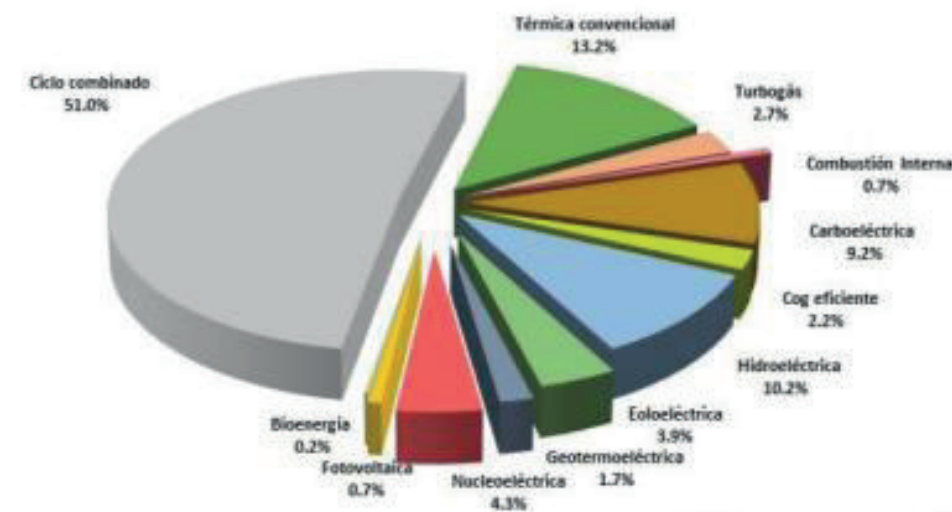


Figura 2. Generación de energías renovables por tipo de tecnología en México.

pecto a 2017 (75,685 MW), de los que 28,9 % provenía de energías renovables, porcentaje superior al de 2017 (25.7 %). La capacidad instalada de la energía eólica, que lleva años de desarrollo en México, representa un 6.8 % frente al 2.6 % de la energía fotovoltaica, con una implementación más modesta y reciente, aunque con mayor peso en el último año, pasando de una capacidad de 241 MW en 2017 a 1,821 MW en 2018. Con respecto a la capacidad instalada de energía total por modalidad, la CFE se encuentra dominando el mercado con un 59.2 % (41,471 MW), seguida de un 21.6 % de particulares (15,131 MW) y, posteriormente un 19.2 % de PIE2

(13,450 MW) en 2018 (véase la figura 1).

La generación de energía fue de 317,278 GWh en 2018, con un crecimiento del 3.6 % en relación con 2017 (329,162 GWh). Las energías renovables representaron en su conjunto un 16.7 % del total (15.7 % en 2017), representando la energía eólica un 3.9 % y un 0.7 % la energía fotovoltaica, respectivamente. El mayor crecimiento lo experimentó la energía fotovoltaica, que multiplicó por cinco su generación en 2018 frente a 2017, pasando de 344 GWh a 2,175 GWh. Por modalidad, CFE es el primer generador del mercado, con un 54.2 % (171,965 GWh), seguido por los PIE con un

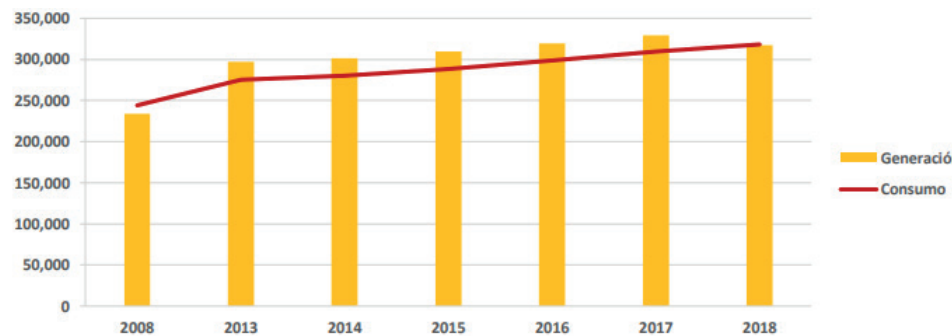


Figura 3. Evolución de la generación y consumo en México (%).

30.1 % (95,501 GWh) y después los particulares con un 15.7 % (49,813 GWh) (véase la figura 2).

La evolución de la generación de energía con respecto al consumo se puede observar en el siguiente gráfico. El consumo total en 2018 fue de 318,236 GWh, con un aumento del 2.7 % (309,727 GWh en 2017), y un crecimiento anual promedio del 2.9 % en el período 2014-2018. La previsión de las autoridades es de un crecimiento promedio anual del 3 % entre 2019 y 2032 (PRO-DESEN). Los analistas consideran que sigue haciendo falta aumentar la generación de energía eléctrica del país para atender esa demanda creciente, así como renovar la infraestructura de la CFE, que sigue teniendo muchas plantas obsoletas. En 2018, los mayores consumidores fueron la gran industria, empresas medianas y residencias, pero se espera que el mayor crecimiento para 2033 venga de empresas medianas (3.8 %), la gran industria (3,5 %) y agricultura (3,5 %). A su vez, las zonas con mayor crecimiento fueron: Noroeste, Norte y Noreste y se prevé que tengan mayor crecimiento para 2033: Mulegé (i) y Noreste (véase figura 3).

El sector de las energías renovables es tan amplio que comprende los procesos de generación, transmisión, distribución, y comercialización de la energía, en los que las empresas españolas han realizado importantes inversiones, y todos los productos, bienes de equipo y servicios relacionados con dichos proyectos. A modo de ejemplo, se muestra la cadena de valor de un proyecto eólico (véase la figura 4). Para el análisis de este texto se han seleccionado únicamente los equipos que tienen un peso específico más relevante en los proyectos eólicos y fotovoltaicos (véase la figura 5).

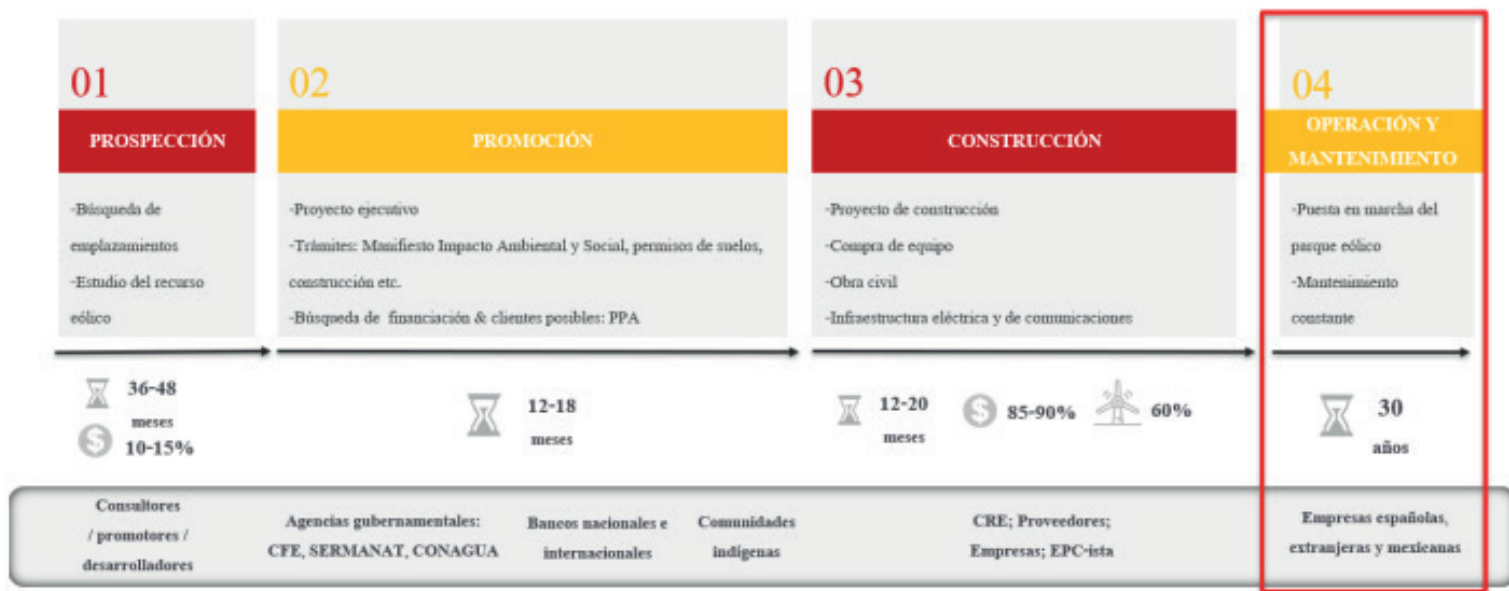


Figura 4. Cadena de valor de un proyecto eólico.

Código arancelario	Producto	Impuestos
8502 3101	Aerogeneradores	Exento de arancel y 16 % IVA
8503 00	Partes identificables como destinadas, exclusiva o principalmente, a las máquinas de las partidas 85.01 u 85.02	Exento de arancel y 16 % IVA
8503 0006	Reconocibles como concebidas exclusivamente para aerogeneradores	Exento de arancel y 16 % IVA
8541 40 y sus fracciones	Dispositivos semiconductores fotosensibles, incluidas las células fotovoltaicas, aunque estén ensambladas en módulos o paneles; diodos emisores de luz	Exento de arancel y 16 % IVA

Figura 5. Información arancelaria sobre productos relacionados con el sector.

Energías no renovables o fósiles y energías renovables o verdes

1. Energías convencionales o no renovables (fósiles). Los combustibles fósiles son recursos no renovables pero aún la sociedad la sigue usando. Son un recurso que no podemos reponer lo gastado. En algún momento se acabarán y serán necesarios millones de años para contar nuevamente con ello y cuyas reservas son limitadas y se agotan con el uso de la sociedad. Las principales fuentes son la energía nuclear y los combustibles fósiles: el petróleo,

gas y carbón. Los combustibles fósiles se pueden utilizar en forma sólida (carbón), líquida (petróleo) o gaseosa (gas natural). Son acumulaciones de seres vivos que vivieron hace millones de años y que se han fosilizado formando carbón o hidrocarburos.

2. Energías renovables o verdes (limpias). Las energías verdes son energías renovables que no contaminan y ayudan mucho a la sociedad, ya que se disminuye en gran cantidad la contaminación, es decir, cuyo modo de obtención o uso no emite subproductos que puedan incidir negativamente en el medio ambiente. Actualmente, es-

tán cobrando mayor importancia a causa del agravamiento del efecto invernadero y el consecuente calentamiento global, acompañado por una mayor toma de conciencia a nivel internacional con respecto a dicho problema; estas fuentes de energía son el presente y el futuro de la producción mundial de electricidad que beneficiará notablemente a la sociedad y al medio ambiente en no contaminar. El término renovable propiamente refiere este tipo de energía, por su disponibilidad en la naturaleza y su capacidad de regeneración continua de manera espontánea en cantidades inagotables. La generación y producción

Código arancelario	Producto	Valor 2019 MUSD	Valor 2018 MUSD	Var. 19/18	Volumen 2019 (uds.)	Volumen 2018 (uds.)	Var. 19/18
8502 3101	Aerogeneradores	442	1.069,3	-59 %	67.581	14.599	363 %
	China	261,9	632,7	-59 %	1.691	3.865	-56 %
	India	82,9	48	73 %	346	573	-40 %
8503 0006	España	78,3	219,1	-64 %	49.192	8.716	464 %
	Reconocibles como concebidas exclusivamente para aerogeneradores	33,8	40,5	-17 %	3.582.979	7.863.789	-54 %
8541 4001	España	5,9	25,7	-77 %	485.154	2.775.491	-83 %
	Dispositivos semiconductores fotosensibles, incluidas las células fotovoltaicas, aunque estén ensambladas en módulos o paneles; diodos emisores de luz, excepto los comprendidos en las fracciones 8541.40.02 y 8541.40.03.	997,5	872,7	14 %	101.643.914	30.384.689	235 %
	China	373,2	321,2	16 %	44.697.908	14.001.783	219 %
	Japón	193,2	202,5	-5 %	40.116.315	5.477.820	632 %
	España	0,42	0,3	38 %	8.575	2.866	199 %

Figura 6. Información de las importaciones de México.

de energía renovable está destinada a convertirse en la fuente de electricidad más rentable para el planeta para la sociedad y el desarrollo económico. Por ello, si queremos preservar la modernidad sin que desaparezcan las especies y tener cambios negativos en los ecosistemas, debemos cambiar muy pronto para tener el 100% de energías renovables en todos los sectores. Un sistema de energía libre de fósiles es el único camino a seguir, por lo que se hace necesario cambiar a la energía renovable e inagotable (el Sol explotará en 4,500 millones de años). Dentro de este grupo de energías limpias encontramos las siguientes: energía de la biomasa, solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, solar térmica, hidráulica, marina u oceánica y energía del hidrógeno, entre las principales.

Algunos beneficios de las energías renovables:

- No emiten gases de efecto invernadero, la energía renovable es una aliada imprescindible para mitigar el impacto de la sociedad en el medio ambiente. Ayuda a mitigar los efectos del cambio climático global.
- Las fuentes de energía renovables son inagotables y se adaptan a los ciclos naturales, a diferencia de las fuentes de energía convencionales (carbón, gas, petróleo o energía nuclear). Esto las convierte en fuentes claves para crear un sistema energético sostenible que permita el desarrollo local sin poner en riesgo el futuro de las siguientes generaciones en sociedad.
- A diferencia de la generación de energía por combustibles fósiles

—cuyos costos varían constantemente— en producción de energía renovable se tienen los costos más bajos. Además, las energías renovables pueden encontrarse en cualquier parte del planeta lo que significa una ventaja diferencial para las economías locales, asegurando la independencia energética al no tener que recurrir a la importación de combustibles fósiles. Las energías renovables solucionarán muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica y, por ello, la sociedad tenderá un mejor futuro.

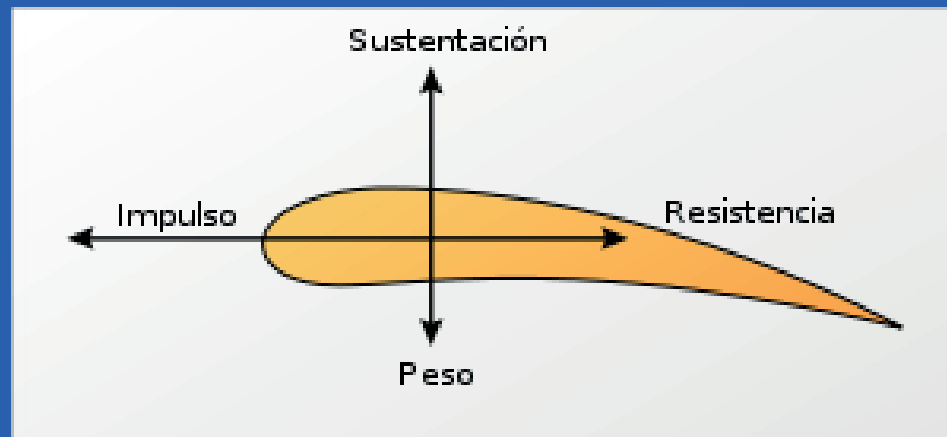
Energía eólica o del viento

Alan Saih Hernández Acosta, haas@ier.unam.mx

En los últimos años se ha notado cada vez más la necesidad de hacer una transición energética hacia el uso de energías renovables. Esta transición está impulsada como una medida contra el incremento de temperatura que sufre nuestro planeta, debido al calentamiento global. Existe un amplio abanico de tecnologías de energías renovables que se pueden emplear como alternativa a las fuentes fósiles. Aquí se hablará de la energía eólica.

La energía eólica es la que se obtiene a partir del viento. Consiste en convertir la energía cinética del viento en energía mecánica, a través de las aspas de un aerogenerador, para después, convertir la energía mecánica en eléctrica, a través de un generador eléctrico. Los dispositivos utilizados para este proceso se llaman turbinas eólicas o aerogeneradores.

La mayoría de los aerogeneradores a gran escala obtienen la energía a partir del fenómeno de la sustentación. Imaginemos que tenemos una superficie como el ala de un avión y, debido a su particular geometría, al



Fuerzas en el ala de un avión (arriba) y en la palas de aerogenerador (abajo). (Fuente: Wikipedia y <http://rsm1.redsauce.net>).

hacer correr aire contra ella se producirán velocidades mayores por la parte superior y menores en la inferior (véase figura 1). De acuerdo con el principio de Bernoulli, esta diferencia de velocidades generará diferentes presiones en la parte superior e inferior del ala. Entonces,

apoyándose en leyes de Newton y recordando que la presión es la fuerza sobre el área, el aire a diferentes presiones que está en contacto con la superficie dirigirá el ala en dirección de la zona de mayor presión a la de menor presión. Siendo algo parecido a los gradientes de

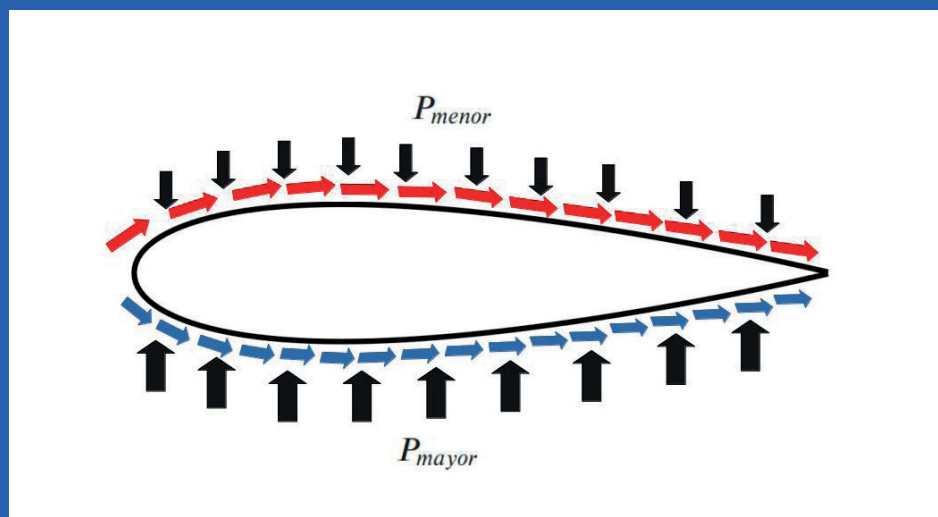


Figura 1: Esquema representativo del fenómeno de sustentación. Flechas rojas indican velocidad alta y azules velocidad baja. (Diagrama: Alan Saih Hernández Acosta)



En 2020 se instalaron en el mundo 80 GW de aerogeneradores: la energía eléctrica total de nuestro país. (Foto: Shutterstock.)

temperatura, el calor se dirige de la zona más caliente a la fría. Así se genera la fuerza de sustentación, es decir, en el ala hay una fuerza mayor sobre la superficie inferior que sobre la superior, lo que da como resultado que el ala se eleve. Este fenómeno se utiliza en muchos artefactos, en aviones para que puedan volar, los autos de Fórmula 1 para que se mantengan “pegados” al suelo (podríamos imaginar que utilizan superficies con el mismo efecto de los aviones pero “al revés”, donde la fuerza mayor ahora se dirige hacia abajo para darle mayor estabilidad), o en las turbinas de viento donde cada aspa es una ala y se puede lograr el movimiento rotatorio.

La historia de la energía eólica se remonta a hace más de 2000 años, y como se puede imaginar, dicha energía antes era utilizada para moler granos o bombear agua a zonas alejadas. Estos molinos, a diferen-

cia de las turbinas de viento modernas, solo convierten la energía del viento en energía mecánica. De aquí es importante aclarar que molino de viento se refiere a la máquina utilizada para moler grano y turbina de viento es la utilizada para generar energía eléctrica.

En julio de 1887, el escocés, James Blyth, construyó una turbina para producir la electricidad de su casa. Ésta fue la primera casa en el mundo abastecida con energía eléctrica generada por el viento. Dicha turbina era de eje vertical, eso es que el eje sobre el que rotan las aspas está ubicado verticalmente. Además, las aspas estaban hechas de tela y tenían una altura de aproximadamente 10 metros. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos hechos por Blyth para mejorar la turbina, ésta no alcanzó el éxito comercial que esperaba y la tecnología dejó de ser relevante durante muchos años.

Casi un siglo después, los aerogeneradores adquirieron gran relevancia, debido a la primera crisis del petróleo de los años 80 del siglo pasado.

Según el *Global Wind Energy Council* (GWEC), en el mundo el uso de la energía eólica va en aumento; en 2021, se instalaron 93.6 GW de energía proveniente de esta fuente. La capacidad instalada total en México es de 86 GW, es decir, solo en un año se instaló en el mundo la capacidad suficiente para abastecer toda la energía eléctrica de nuestro país. China representó más del 50% de esa capacidad, seguido de EE.UU. con alrededor del 13.58% y después países como Brasil y Vietnam con valores debajo del 5%. Todo esto tan solo en el 2021. Si hablamos de capacidad total, actualmente en el mundo hay casi 837 GW de capacidad de energía eólica instalada.

Como se mencionó anteriormen-



te, México tiene una capacidad instalada de 86 GW, de los cuales aproximadamente 7 GW se refieren a centrales eólicas, alrededor del 8%. Sin embargo, según datos del Observatorio de la Transición Energética en México (OBTREN-MX), la generación de electricidad a partir de esta tecnología hasta septiembre del 2021 representó alrededor del 6.5% del total. Tenemos que recordar que la capacidad y la generación son dos cosas diferentes; la primera es cuánto podemos producir y la segunda cuánto se produjo. Si recordamos la meta de producir en 2024 el 35% de la energía del país a partir de tecnologías renovables, nos encontramos un poco lejos, pues actualmente solo se produce alrededor del 24% a partir de ellas.

Hasta 2020, México contó con 68 parques eólicos en 14 estados del país, siendo Oaxaca el que mayor cantidad de energía eléctrica genera a partir del viento. México tiene un gran potencial de energía eólica. La zona del Istmo de Tehuantepec ha resultado ser especialmente un área con gran potencial. Dentro de los estados con mayor posibilidad de obtención de energía eólica están Oaxaca, Baja

California Sur, Coahuila, Hidalgo, Quintana Roo y Zacatecas.

La energía eólica —al igual que otras tecnologías renovables— posee gran capacidad para proporcionar y cumplir las metas nacionales de producción con energías limpias. México cuenta con un importante potencial eólico que se podría ser aprovechar de manera correcta hasta representar un porcentaje significativo del suministro de energía eléctrica al país.

Algunos datos curiosos

El primer proyecto experimental de parque eólico instalado por CFE fue en 1994 en La Venta, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Éste resultó ser también el primero en América Latina.

En la actualidad la energía producida por el viento equivale entre el 6 y 7% de la producida en el país, y equivale al consumo de energía de 14 millones de hogares.

Haliade-X de General Electric, con una potencia de 14 MW, es hasta ahora el aerogenerador más grande del mundo que se instalará en un parque eólico cerca de las costas de Inglaterra. Tiene una altura de 260 metros, un diámetro de rotor de 220

metros y sus tres palas miden poco más de 100 metros, esto es alrededor de la mitad de la altura de la Torre Latinoamericana.

Algunos aerogeneradores pueden alcanzar velocidades superiores a los 200 km/h en la punta de las aspas.

Referencias

- [https://www.forbes.com.mx/economia-mexico-meta-de-energia-renovable-final-sexenio-mdee/#:~:text=M%C3%A9xico%20incumplir%C3%A1%20su%20meta%20de,de%a20Energ%C3%ADa%20E%C3%B3lica%20\(AMDEE\).&text=La%20Secretar%C3%ADa%20de%20Energ%C3%ADa%20\(Sener,meta%20se%20cumplir%C3%ADa%20hasta%202025.](https://www.forbes.com.mx/economia-mexico-meta-de-energia-renovable-final-sexenio-mdee/#:~:text=M%C3%A9xico%20incumplir%C3%A1%20su%20meta%20de,de%a20Energ%C3%ADa%20E%C3%B3lica%20(AMDEE).&text=La%20Secretar%C3%ADa%20de%20Energ%C3%ADa%20(Sener,meta%20se%20cumplir%C3%ADa%20hasta%202025.)
- <https://gwec.net/global-wind-report-2022/>
- <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31621/eolico.pdf>
- <https://dgel.energia.gob.mx/azel/>
- http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pi-

Aerogeneradores en el mar (on shore). (Foto: Shutterstock.)

El aerogenerador más grande del mundo hasta 2020 Haliade-X de 14 MW de General Electric. (Foto: General Electric)



Biomasa y su uso

Rafael Vásquez Gómez, vgr@ier.unam.mx

Los escasos recursos energéticos de origen fósil y su sobreexplotación por naciones más desarrolladas, han impulsado la investigación y el desarrollo de nuevas fuentes de energía, las cuales provienen de procesos naturales que se renuevan constantemente. Estas se denominan fuentes renovables.

La principal fuente de energía renovable con la que cuenta la humanidad es el Sol y a su vez ésta es el origen de otras fuentes de energía; por ejemplo: las plantas a partir de un proceso anabólico (fotosíntesis), utilizan la energía solar para transformar el dióxido de carbono y el agua en carbohidratos. La bioenergía almacenada en las plantas se libera mediante procesos como la combustión, digestión, descomposición o bien mediante su hidrólisis (reacción de transformación donde uno de los reactivos es H_2O) y fermentación (degradación de compuestos orgánicos en ausencia de oxígeno en productos más simples) para transformarse en combustibles líquidos o gaseosos.

Toda la materia orgánica producida por las plantas, de la cual se genera bioenergía, se le llama biomasa. No solo se obtiene biomasa de las plantas; los desechos de animales como el estiércol, la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos, la materia orgánica de las aguas residuales, las macro y micro algas, son fuentes de



El etanol derivado de la caña de azúcar se emplea como sustituto de la gasolina. La biomasa de tercera generación está representada por las microalgas (foto: guidelgas.com).

materiales orgánicos. Toda biomasa que proviene de un proceso biológico tiene carácter de energía renovable.

La biomasa se clasifica en dos grupos: biomasa obtenida de plantaciones energéticas. Son todas aquellas plantaciones que desde su concepción tienen como objetivo principal obtener materia orgánica para su transformación en biocombustibles. Estas plantaciones se caracterizan por cultivar especies de crecimiento rápido con una mayor producción de materiales lignocelulósicos (caña de azúcar, maíz, eucaliptos, entre otros) o el cultivo de plantas oleaginosas para la obtención de semillas de las cuales se extraerá aceite. Por otro lado te-

nemos la biomasa obtenida a partir de residuos. Este material es todo aquel residuo proveniente de procesos de producción y transformación de otros productos principales, tales como los residuos provenientes de la industria agroalimentaria, la agricultura y las actividades ganaderas.

Mediante la transformación de la biomasa en materiales sólidos, líquidos y gaseosos se proporciona energía. Dependiendo de su origen y procesamiento se aplican con fines térmicos (generación de calor), eléctricos o utilizados como biocombustibles. Esta última aplicación tiene una gran relevancia debido al gran consumo de combustibles derivados del petróleo.



Los biocombustibles no deben competir con los alimentos (fotos: seminuevos.com y asajajaen.com).

Biomasa en la producción de biocombustibles

El principal uso de la biomasa es en la elaboración de productos similares a los combustibles derivados de fuentes fósiles. Estos biocombustibles obtenidos a partir de biomasa tienen una gran similitud en sus propiedades físicas y químicas con los combustibles convencionales. Además, poseen la cualidad de no generar un aumento de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la disminución del calentamiento global.

Los biocombustibles se clasifican según la generación a la que pertenezcan. Los biocombustibles de primera generación utilizan materias primas de uso alimentario (caña de azúcar, maíz, soja y girasol, entre otros). Los de segunda generación se obtienen de materias primas sin valor nutricional (como la jatrofa y la palma africana) y desechos (grasas animales o aceites residuales de cocina). Los de tercera generación utilizan biomasa producida a partir de microalgas.

Estas dos últimas generaciones

de biocombustibles no han tenido un auge muy significativo, ya que los procesos de transformación de la biomasa en ocasiones resultan muy complejos. Pero la producción de biocombustibles de primera generación a partir de biomasa producida en plantaciones energéticas ya son una realidad en países como Brasil y Estados Unidos. Brasil utiliza la producción de caña de azúcar para la obtención de bioetanol mientras que Estados Unidos produce el mismo biocombustible, a partir del maíz.

En México existen siete plantas productoras de biocombustibles; seis de ellas destinadas a la producción de biodiesel y una para bioetanol, permitiendo tener con una capacidad de producción de 42.2 millones de litros anuales.

Adicionalmente, en México se han desarrollado proyectos de investigación y transferencia de tecnología en cultivos con potencial para la producción de biocombustibles, orientados a obtener variedades de mayor rendimiento. Un ejemplo es el proyecto "Biorrefinería para la



producción de biogás y biodiesel a partir de microalgas y aguas residuales", instalada en el Instituto de Ecología (INECOL). Esta planta piloto busca un escalamiento en México, en la producción de biodiesel de muy buena calidad, a partir de un cultivo no convencional. Además de la producción de biodiesel, se han hecho experimentos para utilizar todas las materias primas. Con la biomasa de las algas además de utilizar sus lípidos, se pueden manipular pigmentos para la industria farmacéutica o de alimentos y producir alimento para peces.

La biomasa tiene un gran potencial para satisfacer las necesidades energéticas humanas y sustituir a las fuentes de energía fósiles. Hasta el momento la biomasa es la única fuente energética capaz de retar al petróleo en el mercado de los combustibles líquidos. Se requiere tener una mayor explotación de este recurso, aprovechando su carácter renovable y su cualidad de no generar gases que producen el cambio climático.

Usos directos

ALTERNATIVA SUSTENTABLE

Sherley Mercelie P. M. Eugene, esmpm@ier.unam.mx

La energía geotérmica es aquella energía calorífica contenida en el interior de la Tierra, en particular, el agua caliente y en vapor de agua subterráneo. Dicha energía se puede aprovechar para generar energía eléctrica o calor (véase figura 1).

Los recursos geotérmicos pueden ser de alta temperatura (superior a los 150°C) que se emplean mayormente para la producción de electricidad, de temperaturas intermedias entre 90 y 150°C y los recursos de baja temperatura (menores a 90°C).

Durante más de un siglo, la energía geotérmica se ha explotado en muchos países del mundo. Sin embargo, esa explotación ha sido generalmente para la producción de electricidad. Las centrales geotérmicas producen cerca del 4% de la energía consumida en el mundo.

La energía geotérmica posee varias ventajas. Es renovable, sustentable, flexible y continua. Los usos directos de la geotermia son entonces una forma de aprovechar la energía del subsuelo de media o baja temperatura. Los usos directos de la geotermia son una de las formas más antiguas, versátil y comunes de usar. Se pueden utilizar directamente en el sector residencial y de servicios, a través de las aplicaciones que pueden operar desde los 20°C, para balneología, climatización de espacios, deshidratación de alimentos, invernaderos, piscicultura, procesos industriales y las bombas de calor geotérmicas (BCG) (véase figura 2).



Figura 1. Energía geotérmica de alta temperatura se emplea para la producción de electricidad. (Foto: Sherley Mercelie P. M. Eugene)

En 2020, 88 países emplearon el uso directo de la energía geotérmica, 82 en 2015, 78 en 2010, 72 reportados en 2005, 58 en 2000 y 28 en 1995. Los que más la utilizaron fueron China, Estados Unidos, Alemania, Suecia y Turquía. Esos países tienen una gran cantidad de BCG instaladas, además de calentamiento de edificios, invernaderos y derretimiento de la nieve, entre otros.

México cuenta con un gran potencial de recursos geotérmicos que se pueden explotar a través de los usos directos. Sin embargo, éstos se utilizan mayormente en los balnearios con fines terapéuticos y recreativos. En los últimos años,

se han desarrollado diferentes proyectos en el CeMIE-Geo (Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica) para promover la explotación de los usos directos de la energía geotérmica incluyendo las BCG.

México, además de los balnearios de aguas termales, ya cuenta con once unidades de BCG instaladas en Puebla, Baja California y Michoacán como proyectos demostrativos. De estas once unidades, dos están instaladas en una escuela y un centro de salud en Los Humeros, Puebla. Cuatro están en un invernadero, tres proporcionan aire frío en los laboratorios de la Universidad Politécnica de Mexicali, Baja

de la geotermia



Figura 2. Uso directo para acondicionamiento térmico de una vivienda. (Ilustración Sherley Mercelie P. M. Eugene)

California. Finalmente, dos bombas de calor geotérmico se utilizan para enfriar un edificio en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia.

México también posee un deshidratador de alimentos instalado en el campo geotérmico Domo de San Pedro, capaz de producir más de 200 kg de frutas deshidratadas al día. Es la única instalación de deshidratación que utiliza fluidos geotérmicos que funciona en el país desde junio de 2019, a partir de un Proyecto del CeMIE-Geo.

Fomentar la utilización de tecnologías de usos directos de la geo-

termia permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático. Además, aprovechar la energía del subsuelo reduce el uso de combustibles fósiles, lo que contribuye a lograr la autosuficiencia energética. Los usos directos también aprovechan el calor de aguas de proceso, esto aumenta la efectividad y sustentabilidad en la industria.

Para los usos directos de la geotermia, las tecnologías se pueden instalar en cualquier tipo de inmuebles: viviendas, centros comerciales, oficinas, edificios públicos y deportivos, entre otros, siempre y

cuando, por supuesto, la ubicación geográfica sea favorable en cuanto a las características del subsuelo.

México se propone incrementar el aprovechamiento de la energía geotérmica a través de los usos directos en su Reforma Energética. La Ley de Transición Energética es una de las herramientas que regula el aprovechamiento sustentable de la energía, las obligaciones en materia de energía limpia y emisiones de gases de efecto invernadero. México tiene un compromiso a nivel internacional para la reducción de sus emisiones desde su ingreso al *Global Geothermal Alliance* en 2015. Dado el potencial del país, se propone fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas para soportar el crecimiento de esta industria. En 2017, se publicó el Mapa de Ruta Tecnológica en Geotermia con una visión al 2030. Éste considera factible contar con una capacidad instalada de usos directos de la geotermia de 3,800 MWt para el año 2030; sin embargo, hoy se registra un aprovechamiento de solo 156 MWt. Esperemos que esta cifra cambie muy pronto.

Lecturas recomendadas

- Jaume Pous Fábregas y Luis Jutglar Banyeras, *Energía geotérmica*, Editorial CEAC, España, 2007.
- José Luis Hernández Galán, *El aprovechamiento de la energía de la Tierra. Introducción a la geotermia*, edición de autor, México, 2013.

Energía solar fotovoltaica

Fuente prometedora, abundante, limpia y renovable

Paola Gabriela Abrego-Martínez, ampg@ier.unam.mx



Figura 1. Energía solar fotovoltaica. (Fotos: Adobe Stock y Shutterstock).

El desarrollo de fuentes de energía limpias y renovables se ha convertido en un objetivo global común para mitigar la creciente demanda energética por el continuo crecimiento de la población y la urbanización, que no se puede satisfacer con los limitados recursos de combustibles fósiles. Por otra parte, éstas contribuyen a reducir la emisión de CO₂ y el efecto invernadero que provoca la reaparición de sequías, inundaciones e inviernos severos en diferentes partes del mundo. Se han propuesto fuentes de energía

renovables como la solar, eólica, hidráulica, geotérmica y biomasa para generar electricidad como alternativas adecuadas a los combustibles fósiles.

En particular, la energía solar es una de las energías renovables con mayor potencial de aprovechamiento y se considera como una fuente prometedora, abundante, limpia y renovable. Ésta se basa en el aprovechamiento de la energía emitida por el Sol, que se encuentra en forma de luz visible y radiación. La energía que irradia proviene de las

continuas reacciones de fusión nuclear de elementos gaseosos ligeros dentro del núcleo del Sol, como consecuencia de la elevada presión que es más de mil veces la de la atmósfera terrestre y una temperatura de alrededor de 16 millones de grados Celsius. En estas reacciones, los núcleos de los átomos de hidrógeno se fusionan para formar núcleos de helio, lo cual resulta en una pérdida de masa que se transforma en energía. De esta energía, solo una parte llega de manera efectiva a la superficie de la Tierra distribuida en

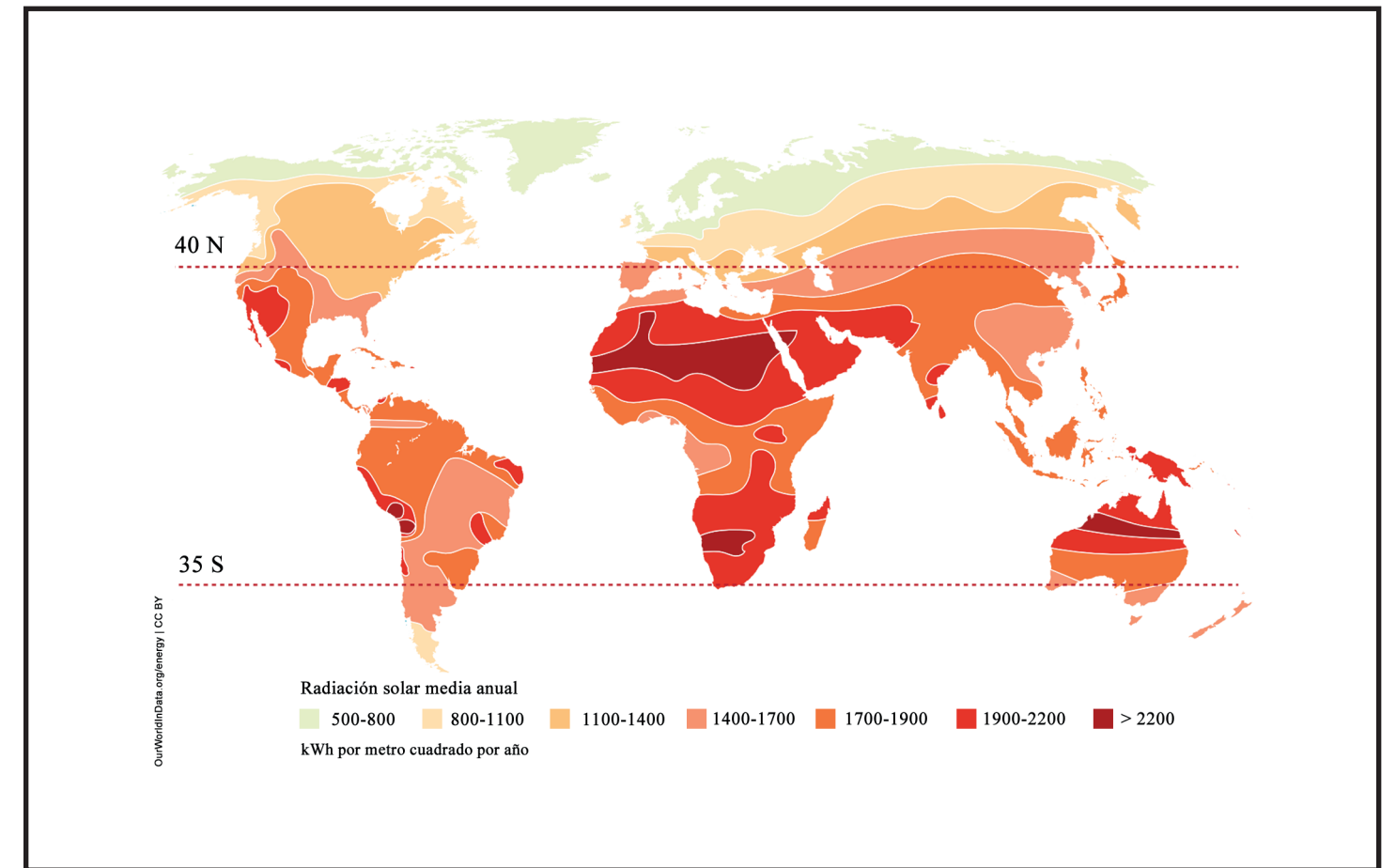


Figura 2. Distribución de la energía solar en el mundo, kWh/m²/año. (Diagrama: Our Word in Data).

forma de radiación directa y difusa. La radiación solar directa es la que llega en línea recta desde el Sol a la superficie de la Tierra y la radiación solar difusa es la que llega desde diferentes puntos de la atmósfera. En tan sólo dos días, el planeta recibe una cantidad de energía solar equivalente a todas las reservas conocidas de petróleo, gas y carbón. Por lo tanto, se puede aprovechar en casi todas las partes del mundo; es decir, cualquier punto donde la luz solar incida sobre la superficie de la Tierra es un lugar potencial para generar energía solar. Los paralelos 40° N y 35° S definen la *Franja Solar* que alberga al 70% de la población mundial y recibe la mayor cantidad de energía solar del planeta. México se encuentra dentro de esta zona, lo que representa un potencial de aprovechamiento de energía solar de los

más altos para satisfacer las demandas energéticas.

Para aprovechar la energía solar, la radiación emitida se puede utilizar con la finalidad de producir energía térmica y eléctrica. Actualmente el uso de la energía solar se ha enfocado principalmente en el sector eléctrico a través de la utilización de dispositivos fotovoltaicos o celdas solares capaces de transformar la luz en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Este fenómeno fue descubierto, en 1839, por Edmond Becquerel y fue hasta 1954 cuando los investigadores Darly Chapin, Calvin Fuller y Gerald Pearson de los Laboratorios Bell crearon la primera celda solar basada en silicio con una eficiencia del 6 %. El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica consiste en un material semiconductor al que se le han crea-

do dos regiones, una cargada positivamente (p) y otra negativa (n). La unión de ambos materiales (p-n), genera electrones cuando ésta es expuesta a la radiación solar. Después, los electrones generados pueden hacerse circular por un circuito externo con la finalidad de alimentar una carga eléctrica y generar un trabajo.

En general, las celdas solares se clasifican en diferentes generaciones en función de los materiales necesarios para la síntesis, las aplicaciones y la comercialización¹.

Celdas solares fabricadas con tecnología de primera generación

Las celdas de primera generación se fabrican a base de semiconductores en bulto (poco menos de un milímetro de espesor) y se dividen en tres

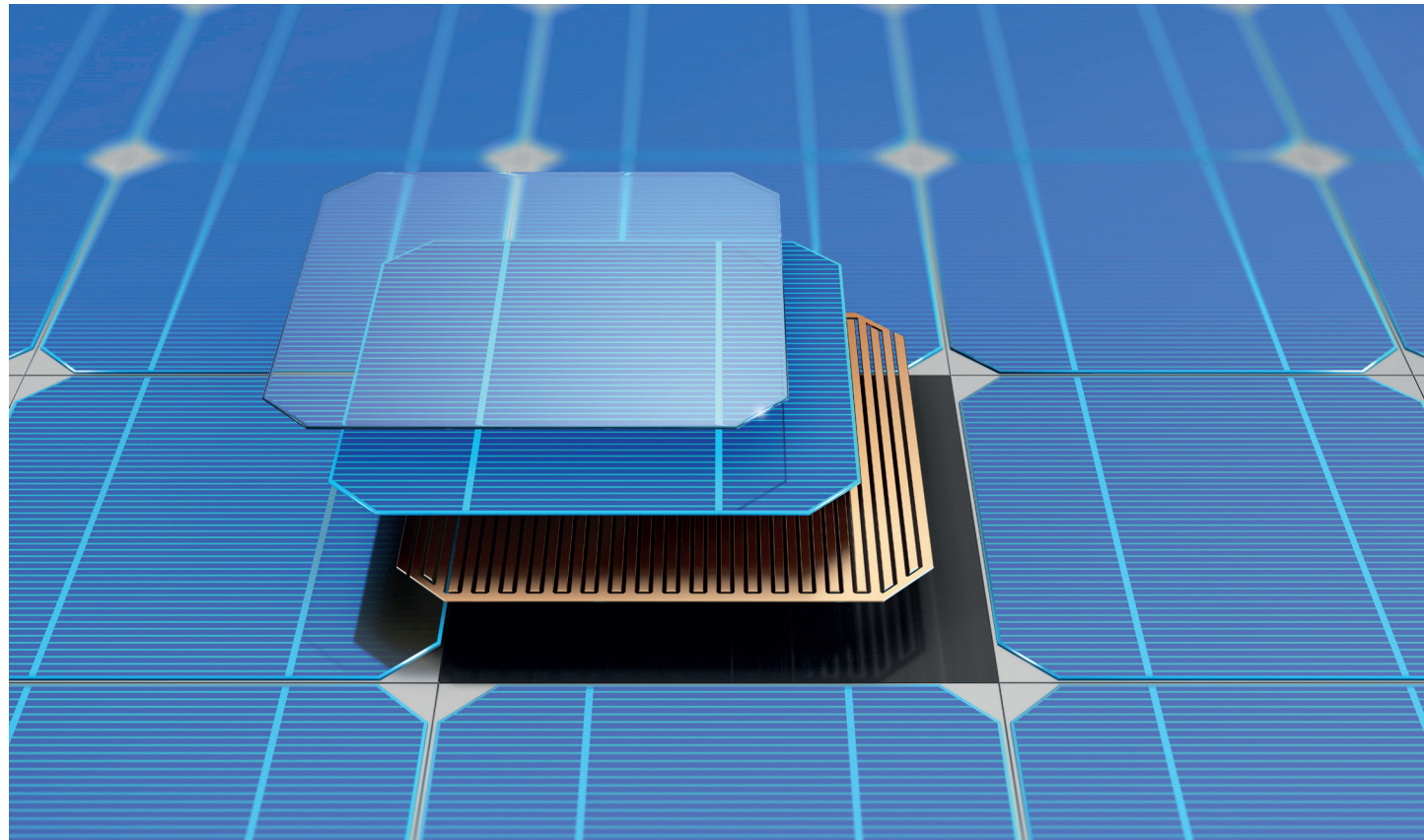


Figura 3. Partes de una celda solar. (Foto: Adobe Stock)

tipos principales. Específicamente: silicio monocristalino (m-Si), silicio policristalino (pc-Si) y celdas de multiunión. La tecnología de silicio cristalino domina actualmente el mercado fotovoltaico con una participación del 90% de la instalación. La mejor eficiencia de conversión de energía (PCE) récord de laboratorio para las celdas solares de silicio es del 26.7%².

Por otro lado, las celdas solares de multiunión están formadas por múltiples capas que emplean arseniuro de galio (GaAs), germanio (Ge), indio (In) y otros semiconductores como material fotoabsorbente, permitiendo un rango de absorción más amplio de diferentes longitudes de onda de la luz y como resultado alcanzan una gran eficiencia, para las celdas de GaAs un 29.1%².

Celdas solares fabricadas con tecnología de segunda generación

Las celdas solares de segunda generación también se denominan celdas solares de película delgada y representan el 9% de la participación en el mercado. En esta generación, las celdas solares se construyen a partir de capas muy delgadas de unos pocos micrómetros de espesor (un micrómetro es 0.001 de un milímetro). Las películas delgadas se pueden organizar en estructuras ligeras y flexibles que se combinan fácilmente por sus propiedades fotovoltaicas excepcionales, además esta tecnología podría suministrar electricidad a menores costos de producción, pero con menor eficiencia que la tecnología basada en silicio.

La segunda generación involucra principalmente tecnología amorfa

y de película delgada, como silicio amorfo (a-Si), telurio de cadmio (CdTe) y compuestos de cobre, indio, galio selenio/azufre (CIGS) con eficiencias del 14.0%, 22.1% y 23.4%, respectivamente³.

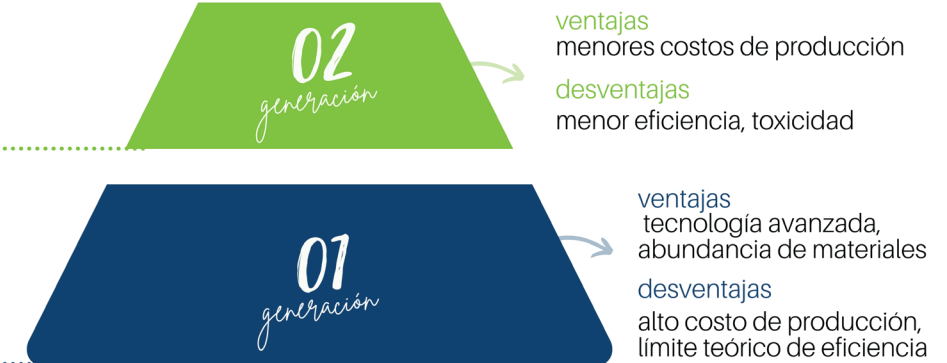
Celdas solares fabricadas con tecnología de tercera generación

Las celdas solares de tercera generación o tecnologías emergentes se basan en diferentes tipos de nanomateriales, polímeros y tintes orgánicos con técnicas de producción de bajo costo, y han atraído más atención debido a la simplificación del proceso de fabricación, la disponibilidad de materiales y, por lo tanto, poseer costos competitivos. Esto motivó a varios grupos de investigación a desarrollar soluciones que, abordaran no solo los desafíos

- 25.7% Celdas solares de perovskita
- 18.1% Celdas solares de puntos cuánticos
- 18.2% Celdas solares orgánicas
- 13.0% Celdas solares sensibilizadas por tinte



- 14.0% Silicio amorfo
- 22.1% Teluro de Cadmio
- 23.4% CIGS



- 26.7% Silicio monocristalino
- 23.3% Silicio policristalino
- 29.1% Celdas de multiunión GaAs



Figura 4. Representación esquemática de los diferentes tipos de celdas solares y su correspondiente generación. (Diagrama: Gabriela Abrego).

de la primera y segunda generación de celdas solares, que son, los altos costos, la toxicidad y la disponibilidad limitada de materiales, sino que también serían de alta eficiencia.

La tercera generación se clasifica en diferentes tipos de celdas solares, como las celdas solares sensibilizadas por tinte (DSSC), las celdas solares orgánicas o compuestos a base de átomos de carbono (OPV), las celdas solares de puntos cuánticos o materiales semiconductores del tamaño nanométrico (QDSC, un nanómetro es 0.000001 de un milímetro). Y más recientemente, las celdas solares de perovskita (PSC), un material híbrido o compuestos de material orgánico e inorgánico que han surgido como una alternativa prometedora debido a su capacidad para alcanzar rendimientos cercanos a los de las tecnologías existentes de celdas solares basadas en si-

licio y otros materiales inorgánicos. En particular, su eficiencia de conversión de energía ya ha superado el 25.5%, un hito logrado en solo 10 años de desarrollo³.

La producción de energía eléctrica a partir de radiación solar es una idea prometedora para la construcción de un futuro sustentable. Debido a ello, los científicos e investigadores han dirigido sus esfuerzos al desarrollo de dispositivos fotovoltaicos. En el Instituto de Energías Renovables UNAM (IER-UNAM) se investigan y desarrollan celdas solares con la finalidad de producir dispositivos de alta eficiencia, estabilidad y garantizar que la energía solar fotovoltaica sea una fuente de energía limpia y confiable.

Referencias

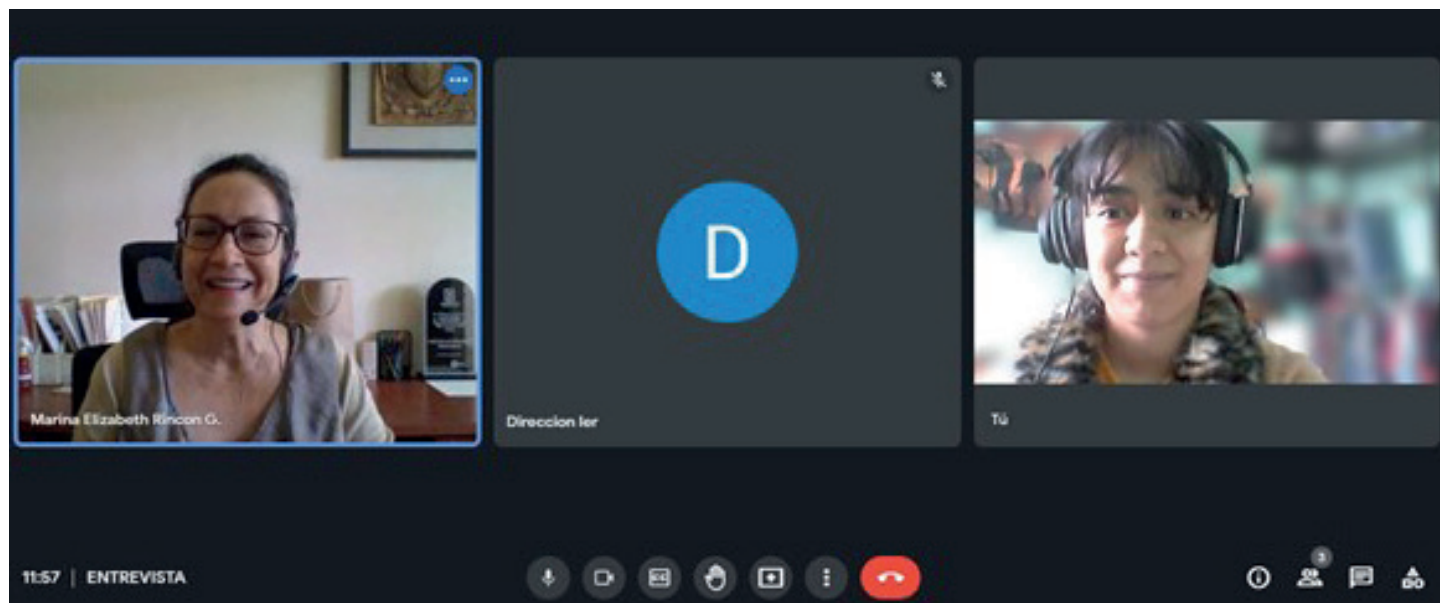
1. Ahmad, K. S., Naqvi, S. N., & Jaffri, S. B. (2021). "Systematic review elucidating the generations and classifications of solar cells contributing towards environmental sustainability integration." *Reviews in Inorganic Chemistry*, 41(1), 21-39.
2. Green, M. A., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., Kopidakis, N., & Hao, X. (2021). "Solar cell efficiency tables (Version 58)". *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 29(7), 657-667.
3. NREL, *Best Research-Cell Efficiency Chart | Photovoltaic Research | NREL*, Best Research-Cell Efficiency Chart | Photovoltaic Research | NREL.2021.

Dra. Marina E. Rincón González

Directora

Instituto de Energías Renovables de la UNAM

Gabriela Ruiz Rendón y Eugene Sherley Mercelie Paul Mida
garur@ier.unam.mx y esmpm@ier.unam.mx



Marina Elizabeth Rincón nació en la ciudad de Tapachula, Chiapas. Es ingeniera de formación, por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, en Guadalajara, Jalisco, maestra y doctora por la Universidad de California-Santa Bárbara (UCSB).

Ha formado parte del Instituto de Energías Renovables (IER) desde hace más de 25 años, desde su fundación como Laboratorio de Energía Solar, luego Centro de Investigación en Energía (CIE) y hoy en día funge como directora del IER 2021-2025. Es investigadora nivel

III del Sistema Nacional de Investigadores, PRIDE D e investigadora titular C de la UNAM. Además de pertenecer a asociaciones científicas destacadas como la Academia Mexicana de Ciencias, la Academia Mexicana de Ciencias de Morelos, la Sociedad Mexicana de Electroquímica, American Nano Society y The Electrochemical Society, entre otras.

Sus principales líneas de investigación incluyen el diseño y caracterización de materiales y heteroestructuras para aplicaciones relacionadas con energía y medio

ambiente. Ha hecho contribuciones en el uso de nanomateriales de baja dimensionalidad para el desarrollo de dispositivos fotoelectroquímicos, fotocatalíticos, sensores, celdas solares emergentes y almacenamiento de energía en baterías de ion litio y sodio.

La doctora nos concedió una entrevista para *La Renovable* donde nos habló de los retos que ha enfrentado como investigadora, su visión como directora, los aprendizajes de la pandemia y su consejo para las y los jóvenes estudiantes.



Los retos en su trayectoria

La doctora Rincón nos cuenta que, durante su carrera se ha enfrentado a diversos desafíos; sin embargo, no ha dejado que la opinión o percepción de otros defina o limite su trayectoria y más bien ha sabido “sobresalir por su talento y no por favores” para llegar a los puestos que ha obtenido.

Nos cuenta que, no podría asegurar haber sufrido de violencia de género o discriminación por ser una mujer investigadora, ya que “antes se normalizaban muchas actitudes” que ahora son inaceptables y reprobables, pero llegó a recibir comentarios tales como: “Que quién iba a cuidar a mi marido y a mis hijos” al desempeñarse como investigadora. “Incluso lo he visto con algunas de mis estudiantes”, que han enfrentado mayores obstáculos al desarrollarse profesionalmente, porque en ellas reside culturalmente el cuidado de la familia y en muchos casos no se ve una “corresponsabilidad en los cuidados”, mientras el hombre sale a trabajar, la mujer tiene que faltar al trabajo para cuidar a los niños, así “muchos de los puestos que tienen los varones en posiciones de poder, van acompañados de una abnegada esposa... y cuando no entras en ese cuadro, siempre levantan la ceja”. Sin embargo, lo considera una vi-

sión del pasado, que espera que en estos tiempos ya no suceda.

Por otro lado, nos platica que cuando laboró en el extranjero, sí notó discriminación por parte de sus colegas estadounidenses “pero no tanto por ser mujer, sino porque era mexicana”.

La doctora Rincón nos compartió también algunos de los retos internos y externos que tiene que enfrentar como directora del Instituto de Energías Renovables (IER); por un lado, ella considera que la política actual tiene prioridades que “no necesariamente van de la mano con la generación de conocimiento de frontera”, sino, más con la parte de ingeniería, mientras que de forma interna hace falta la “consolidación de algunas líneas de investigación, así como la conciliación” entre distintas áreas, que permitan la colaboración y el enriquecimiento de los proyectos de investigación.

Equidad de género y pandemia: una nueva normalidad

En cuánto a algunos temas que aquejan a nuestra generación, la académica asegura que las normas institucionales que vienen desde la UNAM, están avanzando “más rápido que la conducta” sobre todo de los académicos, ya que “no todos se

han sensibilizado” y se resisten más al cambio; sin embargo, en el IER, “no hay lugar a la discriminación de ningún tipo”.

“Resiliencia” del ser humano y de la naturaleza, es lo que nos menciona cuando le preguntamos sobre las consecuencias y afectaciones de la pandemia: “el cambio es lo único seguro, no hay que vivir preocupados” aconseja a los jóvenes que tenemos incertidumbre por el futuro. “No estresarse y estar satisfechos con lo que hacemos en las 24 horas del día”, vivir día a día, además resalta que “las puertas de la dirección están abiertas para cualquier duda o tema que quieran platicar”, así como las oficinas del COFI, la Comisión de Equidad de Género y la Comisión de Ética (se puede consultar en la página del IER: www.ier.unam.mx).

Respecto al regreso de actividades presenciales, menciona que hay un nuevo edificio en construcción para la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables, cuya infraestructura reunirá los más altos estándares de diseño bioclimático y edificaciones sustentables. Los jardines se han renovado, los jardineros capacitados y “la cultura del cuidado y la vida en armonía” son los principales ejes de la dirección, pero también espera que pronto los jóvenes disfruten el nuevo edificio.

Por último, ella nos cuenta que, dentro de sus ratos libres, gusta de promover el cuidado de los animales y la tenencia responsable, participa en campañas de esterilización y adopción, disfruta a la familia y extraña su papel como crítica, ya que ahora mismo, no habla sólo por ella misma, sino por toda la comunidad del IER.

por Gabriela Ruiz Rendón, garur@ier.unam.mx

“La Renovable” trae para ti la sección “Renueva tus conocimientos con...” donde en cada número encontrarás algunas recomendaciones de series, libros, películas, y demás obras de interés en temas de energía y ciencia.

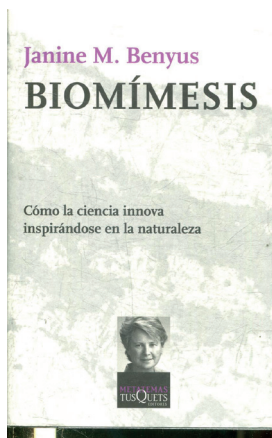


Down to earth, 2020 Serie de Netflix

Down to earth o Con los pies sobre la tierra es una serie de Netflix, dónde el actor Zac Efron recorre el mundo para explorar y presentar maneras más sustentables y saludables de vivir.

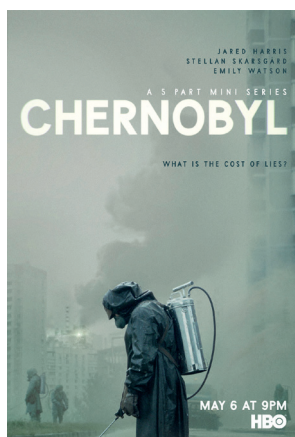
Recorre, junto al experto en bienestar Darin Olien diferentes países. Juntos nos presentan las energías renovables, el consumo del agua, el Amazonia, la alimentación sana y saludable, etc.

Es una serie entretenida e interesante, para todas las edades.



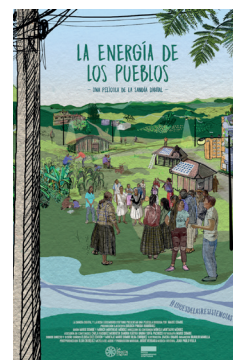
Biomímesis, 2012 Janine M. Benyus Tusquets Editores

Este libro aborda la biomímesis o biomimética, que es la ciencia que estudia a la naturaleza como fuente de inspiración para resolver problemas que nos aquejan a los seres humanos. Janine M. Benyus es una de las mayores exponentes del tema, y en este libro nos acerca a diversos proyectos que se han llevado a cabo para tratar de entender cómo es que la naturaleza resolvería diversos problemas. Casos interesantes como producir alimentos inspirándose en el funcionamiento de las praderas o fabricar fibras como lo hacen las arañas. Sin duda una lectura que aborda otra forma de afrontar las dificultades actuales.



Chernobyl, 2019 Serie de HBO

En la serie se muestra detalladamente cómo la comunidad científica trató de mitigar los daños de la central nuclear mientras investigaban cómo ocurrió el famoso accidente de 1986, en Prypiat, Ucrania. Además de ser una crítica social y política cuenta la cruda realidad de los hechos, con el uso de un lenguaje científico detallado del antes, durante y después del suceso y las decisiones que llevaron al desastre.



La energía de los pueblos, 2020 (documental).

Plataforma: Proyecciones itinerantes y contacto directo con los creadores en: laenergíadelospueblos@gmail.com

En este trabajo documental se reúnen voces del activismo social en México para dar una ventana a las personas que viven el día a día de las instalaciones energéticas, que normalmente se encuentran en zonas rurales, marginadas y alejadas de las grandes ciudades.

Como apasionados de la energía, es nuestro deber conocer todos los puntos de vista, la forma de ver y utilizar la energía no es la misma para todos, por lo que este documental es una parada obligatoria para renovar nuestros conocimientos.