

Contribución de las energías renovables en el desarrollo rural de México

The contribution of renewable energies to rural development in Mexico

Mónica Patricia Mejía López¹ , Erika Román Montes de Oca^{2*} , Alina Juantorena Ugás³ ,
Alejandro García Flores⁴ 

¹Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, Col. Lajas Maciel, 29035, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

³Escuela de Técnicos Laboratoristas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

⁴Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

*Autor para correspondencia: erika.romanm@uaem.edu.mx

Fecha de recepción:

23 de junio de 2020

Fecha de aceptación:

2 de julio de 2020

Disponible en línea:

31 de diciembre de 2023

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-

NoComercial-

CompartirIgual 4.0

Internacional

(CC BY-NC-SA 4.0)

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de una investigación sobre el uso e impacto de las energías renovables en el desarrollo rural de México. Se encontró que se han financiado diversos proyectos para incluirlos en actividades de producción agrícola y para alumbrado de comunidades rurales; sin embargo, de acuerdo con el reporte de los objetivos de desarrollo sustentable, aún hay muchos retos que afrontar. Lograr que 100 por ciento de la población rural mexicana cuente con energía propiciaría una mejora en las condiciones de vida.

PALABRAS CLAVE

Energía; pobreza; bienestar.

ABSTRACT

This paper presents the results of a piece of research on the use and impact of renewable energies in rural development in Mexico. It was found that various projects have been financed to be included in agricultural production activities and for the lighting of rural communities; however, according to the report of the sustainable development goals, there are still many challenges to face. Ensuring that 100% of the Mexican rural population has energy would lead to an improvement in living conditions.

KEYWORDS

Energy; poverty; welfare.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los objetivos planteados en la Agenda para el Desarrollo Sostenible, firmada por México en 2015, el acceso a la energía es uno de los principales factores para alcanzar el desarrollo. La energía no sólo es esencial para mejorar las condiciones de vida de las personas, sino también una herramienta importante para reducir la pobreza y enfrentar el cambio climático; sin embargo, en México 1.3 por ciento de las viviendas aún no cuentan con energía eléctrica (INEGI 2015), la mayoría ubicadas en zonas rurales. La población rural en México representa 23 por ciento, y, de este porcentaje, 17.4 por ciento se encuentra en condiciones de pobreza extrema (FAO 2018), las cuales se expresan en un alarmante índice de analfabetismo, así como en viviendas con piso de tierra, sin energía eléctrica, sin agua y en donde se utilizan leña o carbón para cocinar (FAO 2018). Así, la ausencia de servicios básicos en estas zonas limita su desarrollo. Una de las causas de la falta de servicios como el acceso a la energía es su ubicación, pues llevar electricidad a zonas rurales es complicado y costoso. Otro factor importante en el desarrollo rural (DR) son las actividades económicas, entre las cuales, las agropecuarias figuran como las principales. A nivel mundial y en el país, las propuestas para dotar de energía a las zonas rurales alejadas consisten en diversificar la matriz energética, es decir, recurrir a otras opciones como las energías renovables (ER) (IEA 2017), pues se ha visto que la inclusión de ER en zonas rurales podría propiciar su desarrollo, siempre y cuando estén acompañadas de una política y condiciones locales correctas (OECD 2012). Este artículo tuvo como pregunta de investigación la siguiente: ¿de qué manera contribuye el uso de las energías renovables en las comunidades rurales para su desarrollo? El objetivo fue conocer la contribución y repercusión del uso de las ER como variable para el DR en México. Así, se llevó a cabo una investigación bibliográfica para esclarecer lo que se entiende por DR, así como para conocer las ER en el plan de desarrollo nacional actual, los proyectos ejecutados y casos en los cuales las ER han servido como precursores para el DR.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología aplicada para realizar este trabajo consistió en cuatro fases (Gómez-Luna et al. 2014): la primera consistió en definir la pregunta de investigación para determinar la búsqueda de bibliografía correspondiente a cada tema; una vez determinados los temas, la segunda fase se basó en revisar diferentes documentos confiables (artículos científicos y de divulgación, libros, folletos, documentos institucionales, estadísticas sociodemográficas y reportes técnicos, principalmente); estos trabajos son “reconocidos”, es decir, “revisados por expertos antes de ser publicados”. Para realizar la búsqueda se utilizaron las bases de datos: Redalyc, Scielo, DOAJ, Latindex, Dialnet, Google Académico y Scopus, donde se escribieron palabras clave como: energías renovables y desarrollo rural. Tras este primer rastreo, se encontró una amplia diversidad y cantidad significativa de resultados, pero, una vez que se integraron a esta búsqueda los elementos ER y DR, fueron disminuyendo los escritos; por lo tanto, se procedió a realizar una selección de los temas que se enfocaran más a conceptos para el caso de DR y usos para ER, con el objetivo de depurar cada consulta que no tuviera lo requerido, hasta lograr obtener las más importantes de cada tema; asimismo, cuando se examinaron juntos los dos temas que son parte de la pregunta de investigación, se eligieron los documentos que presentaran proyectos, estrategias o alternativas de las ER como detonadores del DR; en estos textos, se decidió analizar los casos de otros países que tuvieran más experiencia, para conocer las estrategias que han implementado, pues en México las referencias encontradas respecto a proyectos que incluyan ER son pocas. Se consultaron 54 referencias seleccionadas: 34 por ciento fueron fuentes de información de páginas oficiales; 30 por ciento, sobre proyectos o impactos de las ER en el DR; 25 por ciento, de ER, y 11 por ciento, de DR. Como tercera fase, se procedió a organizar la información, iniciando con las consultas sobre estadísticas de pobreza, conceptos del DR más actuales, proyectos/programas gubernamentales de las ER en México y la trascendencia de los proyectos implementados sobre el uso de ER para contribuir al DR, primero en otros países y posteriormente en México. Por último, en la fase cuatro se llevó a cabo el análisis de la información con los documentos que se consideraron más impor-

tantes (30 del total de los consultados), con la intención de reafirmar las ideas planteadas con relación a la pregunta de investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo rural

El DR se ha definido como el mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas en el territorio comprendido fuera de los núcleos considerados urbanos, de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio (SAGARPA 2012).

Los procesos de desarrollo son la transformación y evolución de una unidad familiar o comunidad, que se promueve mediante “estrategias políticas, económicas, sociales, culturales, territoriales y ecológicas interconectadas” (Irasquín et al. 2016), con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los actores involucrados y el cuidado de la naturaleza para llevar una vida más sostenible (Gudynas 2011). Asimismo, dentro del proceso de DR es importante que se incorpore a los participantes de diferentes disciplinas, para que se contribuya a la solución de las problemáticas desde una visión multi o transdisciplinaria, con un enfoque holístico; los beneficiarios deben ser agentes activos en las estrategias, acciones, actividades o proyectos que se implementen, los cuales deberán plantearse a partir de las necesidades de la familia o comunidad, para trabajar desde su propia lógica, puesto que son ellos quienes conocen sus problemáticas y posibles soluciones, y con ello podrán lograr su autogestión (Román-Montes de Oca 2021).

Un modelo de DR integral sustentable propicia que los habitantes lleven un manejo adecuado en el reconocimiento de su territorio, la autosuficiencia alimentaria, la diversificación de las actividades productivas, el intercambio económico regional equilibrado, así como un manejo adecuado de los recursos naturales y su conservación; lo anterior sólo puede lograrse mediante la participación de los miembros en la elaboración y ejecución de proyectos, con la mezcla de conocimientos

para preservar, valorar y transmitir su cultura y tradiciones para el fortalecimiento de sus economías de subsistencia (Salas-Razo y Juárez-Hernández 2018).

En México, el DR como objetivo de política pública se trata tanto en la Constitución, como en los planes nacionales de desarrollo y en la ley de desarrollo sustentable; estos instrumentos sirven para plantear acciones y lograr el DR. Uno de los indicadores más importantes para medirlo es la pobreza. Desde 2008, se ha medido de acuerdo con la nueva Ley General de Desarrollo Social, que establece un enfoque multidimensional, y, como indicador para su monitoreo, se incluye el acceso a los servicios básicos de la vivienda. La pobreza multidimensional de una persona se considera cuando sus ingresos no son suficientes para adquirir bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades (Gómez y Tacuba 2017). De acuerdo con los datos del Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social (CONEVAL), en 2018, en México, 9.3 millones de personas vivían en situación de extrema pobreza; sin embargo, la mayor parte de la población mostró rezagos en los indicadores medidos: 16.9 por ciento de la población presentó un atraso económico; 16.2 por ciento no tuvo acceso a la salud; 11.1 por ciento no contó con calidad y espacios de la vivienda, y 19.8 por ciento no obtuvo servicios básicos en la vivienda (CONEVAL 2018).

En este contexto, las instituciones gubernamentales buscan desarrollar programas que puedan generar un mayor beneficio para las familias rurales, que son las más afectadas. Por ello, cada día deben buscarse más alternativas de proyectos comunitarios con ER para que las personas de las áreas rurales puedan tener acceso a éstas y mejorar su calidad de vida, ya sea que se utilicen en el hogar o en la producción. Al respecto, cabe señalar que parte fundamental del DR es la planificación de las actividades de los habitantes tomando como base sus propias capacidades, habilidades, aptitudes, actitudes, así como las estrategias y los recursos con los que cuenten para lograr un bienestar, acciones que deben llevarse a cabo desde la propia visión de los pobladores —los principales involucrados en los procesos de DR—, con la colaboración de otros actores para vincular los conocimientos científicos y locales (saberes tradicionales).

Energías renovables

En México, la energía generada es mayoritariamente de fuentes convencionales (83%), y el resto, de fuentes que se renuevan mediante procesos naturales (-17%) (Block 2015; IICA 2014). El país produce ER en 16.92 por ciento, y, de éste, 41.08 por ciento es generado mediante energía solar, eólica, bioenergía y geotermia (Figura 1) (SENER 2016a).

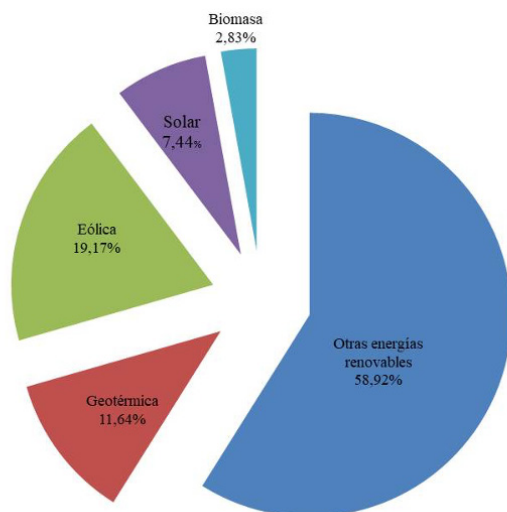


Figura 1. Generación de energía eléctrica por fuente de energía (Datos para la gráfica obtenidos de SENER 2016a).

La energía solar fotovoltaica para generar electricidad en México se divide en dos rubros: 1) generación a gran escala y 2) sistemas de pequeña y mediana escala. En 2016, la capacidad instalada de proyectos a gran escala fue de 270 MW, lo que dio una producción de 190 GWh; en el caso de sistemas de mediana y pequeña, la producción fue de 114 MW, en 2015 (ProMéxico 2017). La energía solar fototérmica para generar calor ha recibido bastante promoción, sobre todo aplicada al calentamiento de agua en el sector residencial; para finales de 2014, la energía solar fototérmica contó con una capacidad instalada de 1 979 MWt (ProMéxico 2017).

Las tecnologías para el aprovechamiento de la energía del viento (eólica) son los aerogeneradores (Villarubia 2004); de acuerdo con el Inventario de Energías Limpias (INEL) que publicó la Secretaría de Energía (SENER), la capacidad instalada para producir electricidad a partir de energía eólica fue de 3 794.30 MW hasta 2016 (SENER 2016a). En México, se encuentran grandes aerogeneradores ubicados en dife-

rentes estados de la República, principalmente en Baja California, Chiapas, Jalisco, Nuevo León, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Oaxaca. Este último estado es el mayor productor de energía eólica en el país, debido a las características de su ubicación (SENER 2016a).

Otra ER importante para el país es la bioenergía, que se produce en 3 por ciento; ésta es definida como la ER derivada de la biomasa (Dahiya 2015); la capacidad instalada para generar energía de biomasa en México hasta 2016 fue de 931.75 MW, distribuida en 21 estados de la República, con los mayores registros en los estados de Coahuila, Aguascalientes, Ciudad de México y Jalisco; de acuerdo con el INEL, en todos los estados mexicanos donde se produce energía a partir de biomasa, se genera biogás (SENER 2016a).

El país también aprovecha la energía geotérmica en 12 por ciento, obtenida del calor existente al interior de la tierra (Jaquenod de Zsögön 2007). Los estados donde se genera energía geotérmica son Baja California, Michoacán, Puebla, Baja California Sur y Nayarit; según el INEL, México cuenta con una capacidad instalada para energía geotérmica de 930.45 MW (datos hasta 2016) (SENER 2016a).

Programas institucionales y las energías renovables

Durante el sexenio actual (2018-2024), en el Plan Nacional de Desarrollo (PND), se contempló un rubro en materia energética que enfatiza la modernización y construcción de nuevas refinerías; también se habla del desarrollo sostenible y el fomento de la producción de ER en comunidades:

La nueva política energética del Estado mexicano impulsará el desarrollo sostenible mediante la incorporación de poblaciones y comunidades a la producción de energía con fuentes renovables, mismas que serán fundamentales para dotar de electricidad a las pequeñas comunidades aisladas que aún carecen de ella y suman unos dos millones de habitantes (GR 2019).

Asimismo, en el PND actual se contempla la introducción de ER en el sector agrario, con el programa de Producción para el Bienestar, orientado a productores de pequeña y mediana escala, el cual canaliza apoyos productivos por hectárea con anticipación a las siembras e impulsa entre los productores prácticas

agroecológicas y sustentables; la conservación del suelo, el agua y la agrobiodiversidad; alienta la autosuficiencia en la producción de semillas y otros insumos, así como en maquinaria y equipo apropiado para la agricultura de pequeña escala y la implementación de sistemas de energía renovable (GR 2019).

De acuerdo con el PND, así como con la Ley General de Desarrollo Rural Sustentable, mediante su artículo 169, se establece que el Gobierno federal fomentará programas para la adopción de tecnologías de producción que optimicen el uso de agua y la energía para incrementar la productividad sustentable (SAGARPA 2012).

En este sentido, en el país se han desarrollado diversos programas orientados a fomentar el uso de energías renovables en los procesos productivos agropecuarios, para ahorrar energía y disminuir costos en el uso de combustibles fósiles. Esta estrategia en beneficio de los productores del sector agropecuario ha estado a cargo de instituciones como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ahora denominada Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Los programas de FIRCO operan desde 1981, y desde 1993 han impulsado la incorporación de la ER en el sector rural-agropecuario. En 2005, fomentó programas de electrificación rural con los convenios de colaboración con los laboratorios nacionales Sandia, de Estados Unidos, en el cual se instalaron 195 sistemas. La colaboración de los laboratorios Sandia y FIRCO generó nuevos empleos y mano de obra certificada en Sistemas Fotovoltaicos (SF) y ER; disminuyó problemas aunados a sequías, y, por ende, aumentó la productividad agrícola (Hanley et al. 2001). El uso de ER en sistemas agrícolas disminuyó los costos de producción, lo que generó un ahorro energético y redujo las emisiones de gases de efecto invernadero. También, los proyectos lograron introducir y demostrar que las ER en el sector agropecuario son viables (Alvarado-Castañeda 2015; Ochoa-Bautista y Ortega-Rivas 2008). Con estos proyectos, las mujeres pueden tener acceso a nuevas posibilidades de empleo que les generen beneficios económicos y aumenten su calidad de vida (SENER 2017a). Un ejemplo es lo sucedido en Colima en las granjas representadas por mujeres "Las Cuatas", "Los Caballos" y "El Manguito": cuando

reemplazaron su sistema de bombeo por uno renovable, ahorraron dinero al no consumir combustible para sus motobombas, y, además, aumentaron sus índices productivos y modernizaron sus granjas (Ochoa-Bautista y Ortega-Rivas 2007).

También, se impulsó el convenio de donación con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), del Banco Mundial, consistente en la implementación de diversos programas que se basaron en la generación de energía eléctrica a través de paneles solares utilizados para bombear agua de pozos ganaderos (Torres-Roldán y Gómez-Morales 2006); por ejemplo, en Oaxaca desde 2000 hasta 2016 se apoyaron proyectos de eficiencia energética, bombes fotovoltaicos, motogeneradores, refrigeradores solares y sistemas interconectados a la red (FIRCO 2017). De 2000 a 2006 operó el Proyecto Energía Renovable para la Agricultura (PERA), ejecutado por FIRCO, donde se promovió el uso de energías alternativas en el sector agropecuario (SENER 2017b).

Asimismo, se implementó otro proyecto para fomentar el uso de energías renovables que se llamó Agro-Energía para la Sostenibilidad (PAES), publicado el 24 de enero de 2018, el cual fue financiado por el Banco Mundial y operado por la SENER y FIRCO, con el objetivo de promover el uso de ER y eficiencia energética para la reducción de costos de producción, el aumento de la competitividad del sector agroalimentario y la reducción de incentivos al precio de energéticos (SENER 2017a, 2017b, 2017d)

Para promover el uso de tecnologías y combustibles limpios, se implementó una iniciativa del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE); los objetivos fueron destinar recursos a proyectos que promuevan e incentiven el uso y la aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de las ER, así como para la eficiencia y el ahorro de energía; promover y difundir el uso y la aplicación de tecnologías de ER para ahorro y uso eficiente de la energía en todas las actividades productivas y en el uso doméstico. Entre los proyectos que aprobó FOTEASE está el de Iluminación Rural ILUMEXICO 2011-2012, que llevó energía eléctrica a comunidades marginadas, gracias a la instalación de paneles solares de 10W acoplados a leds de 3W, el cual se implementó en los estados de Guerrero, Oaxaca y Veracruz, para iluminar 1 076 viviendas (SENER 2016b).

Otro proyecto que se realizó fue el de Servicios Integrales de Energía, el cual tenía como objetivo la instalación de granjas solares fotovoltaicas en zonas rurales aisladas de la red eléctrica. Cabe destacar que este proyecto fue financiado por el Fondo Global del Medio Ambiente, el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento —dependencia del Banco Mundial—, la Comisión Nacional para el Desarrollo de Pueblos Indígenas y el FOTEASE. El proyecto se implementó en Durango, Nayarit, Coahuila, Chihuahua, San Luis Potosí, Guerrero, Baja California Sur y Sonora (SENER 2016b; SENER 2017b; SENER 2018).

A pesar de que se han ejecutado varios programas para incluir ER en zonas rurales, de acuerdo con el reporte de desarrollo sustentable, el país aún tiene muchos retos que afrontar (Sachs et al. 2019). En México, actualmente, dos millones de habitantes no cuentan con energía eléctrica, en comparación con Brasil, en el cual 100 por ciento cuenta con este servicio (Sachs et al. 2019).

En 2000, Brasil se encontraba en la posición actual de México, cuando 3 millones de hogares brasileños no contaban con electricidad (7%), de los cuales, 2 millones se ubicaban en zonas rurales (Bezerra et al. 2017); sin embargo, para 2017, 100 por ciento de los hogares en zonas rurales ya contaban con electricidad (The World Bank 2019). Esto fue posible gracias a sus políticas internas, pues desde 1940 se tenía la iniciativa de crear líneas de transmisión; algunos de los programas para llevar a cabo este objetivo fueron El Fondo de Electrificación Rural (1950), Grupo Ejecutivo para la Electrificación Rural (1970), el Programa para el Desarrollo Energético de Estados y Municipios (PRODEEM) (1994) (Bezerra et al. 2017), Luz para Todos (2003), que contempló proyectos de electrificación mediante energías renovables (eólica, biomasa y solar), en zonas aisladas (GB 2003; Bezerra et al. 2016; Bezerra et al. 2017). Es sabido que muchos países como Brasil llevan la delantera en cuestión de energía asequible, y con base en este tipo de experiencias internacionales es posible proponer programas mejorados que ayuden al desarrollo de México, principalmente en sus zonas rurales.

Energías renovables como detonadores del desarrollo rural

La inclusión de ER tanto en la vida cotidiana como en actividades económicas rurales ha detonado su progreso en el mundo entero, y, en México, ha permitido mejorar las condiciones de vida y la retención de la población, al establecer nuevos empleos y fomentar una agricultura sostenible (Dávid et al. 2019).

A nivel mundial, en China, por ejemplo, los condados de Su Ni Te You, Si Zi Wang, A Ba Ga y Dong Wu Zhu Mu Qin se caracterizan por estar aislados, por lo que es complicado y costoso proporcionar electricidad; sin embargo, son lugares que cuentan con recursos eólico y solar, pues, desde 1970, el gobierno incentivó la utilización de turbinas y sistemas fotovoltaicos de baja potencia en regiones aisladas; asimismo, se instalaron sistemas fotovoltaicos y eólicos para 41 familias; los sistemas fotovoltaicos fueron de 60, 75, 85, 100 y 120 Wp y los eólicos de 100, 200 y 300 W (Byrne et al. 1998). Los pobladores se volvieron expertos en mantenimiento y fabricación de estas tecnologías, lo que les permitió ingresos extra.

Otro ejemplo de este tipo de energías ocurre en el noroeste de Rumania; esta región cuenta con 403 municipios, con 1,800 aldeas en las que se desarrollan proyectos de energía renovable hidroeléctrica, eólica, fotovoltaica y de bioenergía (biomasa); las capacidades instaladas para los sistemas fotovoltaicos son mayores a 0.5 MW; las hidroeléctricas, con máxima capacidad instalada de 10 MW; las eólicas, con 0.2 KW, y las de biomasa, con 0.9 MW. A pesar de ser proyectos renovables en zonas rurales, no han mostrado grandes avances en desarrollo regional (Cebotari et al. 2017).

En Dinajpur, Bangladesh, es complicado llevar electricidad por su ubicación. Por lo tanto, se implementaron sistemas fotovoltaicos para la electrificación en zonas rurales; los proyectos fueron financiados por el departamento de ingeniería del gobierno local y organizaciones no gubernamentales. Los sistemas instalados van desde los 30 hasta los 75 Wp (Ahammed y Taufiq 2008). Mediante la instalación de los sistemas fotovoltaicos, se observó mejora en la calidad de vida, pues aumentaron los ingresos y las oportunidades de empleo para los habitantes. Estos impactos pueden generar un desarrollo significativo y, en gran medida,

ayudar a alcanzar los objetivos de desarrollo planeados mundialmente.

Un caso similar sucedió en San Antonio Agua Bendita (Estado de México, México). La población con 100 hogares se encuentra alejada de la ciudad y es de difícil acceso, lo cual encarece la conexión a una red eléctrica convencional. Por ello, se instaló un módulo Micro- Hidro de 3kW, que está integrado por tres ER (solar, eólica e hidroeléctrica). El proyecto permitió llevar energía eléctrica a una zona rural para mejorar la calidad de vida; con electricidad, se tuvo acceso a la educación, al entretenimiento y a la seguridad social; también facilitó la comunicación y evitó que la población migrara a otras áreas (Gutierrez-Vera 1994).

La transición energética en las zonas rurales es un aspecto relevante en la actualidad. En una investigación realizada por Oviedo-Toral et al. (2021), fueron analizados algunos aspectos e identificados los principales impulsores de una transición de ER propuesta en la zona rural de la Mixteca-Puebla, México. Se evaluaron las relaciones entre variables sociales, políticas, culturales y ambientales, para mostrar cómo los aspectos sociales afectan la transformación energética estructural, así como su capacidad de adaptación hacia las tendencias futuras previstas para el área, y cómo contribuye esto al uso de la transformación tecnológica como medio para aliviar la pobreza en una zona rural.

Otros ejemplos o casos de estudio sobre ER en México fueron programas como Luz para Todos, que ha llevado electrificación a zonas rurales del país. En 2019, se llevó a cabo una investigación sobre las experiencias con la energía solar fotovoltaica en comunidades de la reserva de Sierra Gorda, en el municipio de San Joaquín, Querétaro, México. En 2013, 172 hogares fueron beneficiados con pequeños sistemas fotovoltaicos a través de este programa de electrificación. Dichos sistemas fueron capaces de proporcionar electricidad para alumbrado, para conectar un radio o un cargador de celular u otros dispositivos pequeños; los resultados de la implementación de ER fueron satisfactorios, puesto que esto permitió a las familias ahorrar para gastos fuertes, como la compra de gas, lo que contribuyó a mejorar su economía. Sin embargo, también se visualizaron algunas problemáticas, como la desinformación para el uso correcto de los sistemas y presupuesto para mantenimiento (Broughel 2019).

En México, se han realizado estudios de la viabilidad de generación de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos (biomasa) en zonas rurales de Baja California (San Quentin y Vicente Guerrero); los resultados del estudio muestran una capacidad de producción de biogás de 185 y 260 m³/h (Aguilar-Virgen et al. 2014). También se han hecho investigaciones de la viabilidad de producción a partir de otras biomásas, como residuos de granjas porcinas (Chan et al. 2016) o desechos agrícolas (Weber et al. 2020). Los pellets que se producen a partir de residuos agrícolas y forestales han recibido una atención internacional cada vez mayor, debido a su potencial como fuentes de energía limpias, asequibles y renovables. El conocimiento sobre la disponibilidad de materias primas, costos y usuarios potenciales de pellets de biomasa es escaso en México, pero éstos pueden convertirse en una fuente considerable de energía renovable baja en carbono, que podría competir con los combustibles fósiles, para sustituirlos en sectores económicos específicos y mitigar hasta 18 por ciento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la producción de electricidad en México (Tauro et al. 2018). Los beneficios ambientales y energéticos de la implementación de estas tecnologías (bioenergía) son claros; sin embargo, la relación de dichos beneficios y los impactos en comunidades rurales de México no han sido del todo relacionados.

Cebotari et al. (2017) llevaron a cabo una comparación estadística entre aldeas con proyectos de ER y sin ellos, mediante el análisis de cuatro variables: empleo, demografía, ingresos locales y agricultura. Los resultados muestran que la implementación de ER no marcaba diferencia entre comunidades en ninguna de las variables analizadas, debido a que los proyectos en esta región son desarrollados por inversionistas privados, quienes prefieren traer mano de obra capacitada y sus propios insumos, lo que limita el DR de la comunidad; no obstante, en este estudio no se tomaron en cuenta otros factores que pueden fomentar el DR, como la educación, el acceso a los servicios básicos y a la alimentación, así como el grado de cohesión social. Se ha visto que los proyectos sobre ER tienen mayores efectos positivos en las comunidades en las que se desarrollan, cuando éstos no son financiados totalmente por empresas privadas y, en cambio, son liderados por la propia población.

El acceso a tecnologías de ER, como sistemas fotovoltaicos o aerogeneradores, no es sencillo, pues se trata de sistemas con alta tecnificación y costosos para una familia rural; por ello, es necesaria la implementación de programas que doten de estos sistemas o el otorgamiento de microcréditos para su adquisición, el mantenimiento y la capacitación de su uso, en colaboración con los beneficiarios. También se ha propuesto el uso de otras tecnologías de ER, como estufas, secadores y calentadores solares, así como biodigestores, que son sistemas de fácil adquisición y mantenimiento. En el cuadro 1 se muestran tecnologías de ER implementadas en diferentes comunidades rurales y los beneficios que se han adquirido respecto a su uso.

Las experiencias de la implementación de ER en zonas rurales han mostrado la aceptación de estas tecnologías en las comunidades, pues se ha visto el beneficio económico, ambiental y energético. Las ER marcaron un desarrollo en las comunidades rurales, el cual se ha materializado como: acceso a la tecnología, energía eléctrica, comunicación, información, educación, ahorro en gastos de combustibles para alumbrado, y, en algunos casos, generación de empleo.

Además, se registraron oportunidades para el mejoramiento de la implementación de ER en zonas rurales, como programas sólidos de dotación de tecnologías que incluyan capacitación de uso y mantenimiento, así como la medición de su impacto desde un punto de vista integral de desarrollo.

CONCLUSIONES

En México, se han desarrollado programas con fondos nacionales e internacionales para fomentar los agronegocios y el DR mediante el uso de energías renovables en comunidades rurales; estos programas influyen de forma positiva en las localidades beneficiadas, pues con acceso a ER se mejora la calidad de vida, principalmente cuando los beneficiarios se apropian de estas tecnologías. Sin embargo, de acuerdo con la evaluación de los logros obtenidos en los objetivos de desarrollo sustentable y en comparación con países como Brasil, aún falta afrontar retos que se tendrán que contemplar a detalle en la política nacional, mediante instrumentos como los planes de desarrollo, pues, a pesar de obser-

Cuadro 1. Fuentes de energías renovables y tecnologías que pueden aplicarse en comunidades rurales

Energía renovable	Fuentes alternativas de energía	Beneficios	Referencia
Solar	Estufas solares	Disminuye el uso de combustible comercial; permite el acceso a energía asequible y sostenible.	Mercado (2022)
	Secadores o deshidratadores de alimentos solares	Disminuye el uso de combustible comercial; permite el acceso a energía asequible y sostenible.	Pech-González et al. (2018)
	Sistemas fotovoltaicos	Disminuye el uso de combustible comercial; permite el acceso a energía asequible y sostenible, así como a información.	Gómez et al. (2022)
	Calentadores solares	Disminuye el uso de combustible comercial; permite el acceso a energía asequible y sostenible.	Vázquez y Sosa (2019)
Eólica	Aerogeneradores de baja potencia (para la producción y uso doméstico)	Disminuye el uso de combustible comercial; permite el acceso a energía asequible y sostenible.	Clementi y Jacinto (2021)
Biomasa	Biodigestor	Disminuye el uso de gas y energía comercial y se utilizan los residuos biológicos; permite el acceso a energía asequible y sostenible.	Carvalho y Cirión (2022)
Biomasa	Pellets (a partir de residuos agrícolas y forestales)	Disminuye el uso de gas y energía comercial y se utilizan los residuos biológicos; permite el acceso a energía asequible y sostenible.	Tauro et al. (2018)

vase un progreso, se requieren mayores beneficios para justificar la implementación de más programas con el uso de ER, que contemplen capacitación de uso y mantenimiento, con la finalidad de que los habitantes de las zonas rurales se apropien de estas tecnologías y obtengan una mejor productividad y calidad de vida.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Virgen Q, Taboada-González P, Ojeda-Benítez S. 2014. Analysis of the feasibility of the recovery of landfill gas: A case study of Mexico. *Journal of Cleaner Production* 79: 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.025>
- Ahammed F Taufiq DA. 2008. Applications of solar PV on rural development in Bangladesh. *Journal of Rural and Community Development* 3: 93-103.
- Alvarado-Castañeda R. 2015. Manual para la evaluación técnica-económica de: "sistemas fotovoltaicos interconectados a la red apoyados a través del programa de fideicomiso de riesgo compartido". Distrito Federal, México.
- Bezerra PBS, Lucena AFP, Portugal-Pereira J, Koberle A, Szklo A, Schaeffer R. 2016. Policy Case Study: Evaluation of the Brazilian Electrification Program: Luz para Todos (Light for All Program). CD-Links Project. Brasilia, Brasil.
- Bezerra PBS, Ludovique-Callegari C, Ribas A, Lucena AFP, Portugal-Pereira J, Koberle A, Szklo A Schaeffer R. 2017. The power of light: Socio-economic and environmental implications of a rural electrification program in Brazil. *Environmental Research Letters* 12: 095004. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7bdd>
- Block G. 2015. *Interlaw Book on Renewable Energies*. Bruylant. Bruselas, Bélgica.
- Broughel AE. 2019. On the ground in sunny Mexico: A case study of consumer perceptions and willingness to pay for solar-powered devices. *World Development Perspectives* 15: 100130. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2019.100130>
- Byrne J, Shen B, Wallace W. 1998. The economics of sustainable energy for rural development: A study of renewable energy in rural China. *Energy Policy* 26: 45-54. [http://doi.org/10.1016/S0301-4215\(97\)00099-2](http://doi.org/10.1016/S0301-4215(97)00099-2)
- Carvalho AM, Cirión LEC. 2022. Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos en el medio rural. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 6: 990-1013. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2641
- Cebotari S, Cristea M, Moldovan C, Zubascu F. 2017. Renewable energy's impact on rural development in northwestern Romania. *Energy for Sustainable Development* 37: 110-123. <http://doi.org/10.1016/j.esd.2017.02.002>
- Chan E, Xia A, Murphy JD. 2016. Can slurry biogas systems be cost effective without subsidy in Mexico? *Renewable Energy* 95: 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.096>
- Clementi LV, Jacinto GP. 2021. Energía eólica distribuida: oportunidades y desafíos en Argentina. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* 29: 48-64. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.29.2021.4590>
- [CONEVAL] Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. [internet]. 2018. Medición de la pobreza. [citado 2020 enero 14]. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-2018.aspx>
- Dahiya A. 2015. *Bioenergy Biomass to Biofuels*. Academic Press/ELSEVIER. San Diego, Estados Unidos/Londres y Oxford, Reino Unido.
- Dávid LD, Molnar C, Kosmaczewska J, Fodor G, Zsarnoczky M, Varga I, Palencikova Z. 2019. Ecoenergy tourism, study into some aspects of relationship between use of renewable energy resources and sustainable regional and rural development. *Engineering for Rural Development* 18: 1478-1483. <http://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N346>
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [internet]. 2018. México rural del Siglo XXI. FAO. [citado 2019 diciembre 2]. Disponible en: http://economia.unam.mx/academia/inae/images/ProgramasyLecturas/lecturas/inae_ii/agriculturasxxi.pdf
- [FIRCO] Fideicomiso de Riesgo Compartido. [internet]. 2017. FIRCO contribuye a mejorar el medio ambiente con el uso de eficiencia energética en procesos productivos. [citado 2020 enero 23]. Disponible en: <https://www.gob.mx/firco/prensa/firco-contribuye-al-medio-ambiente-con-proyectos-de-eficiencia-energetica-en-oaxaca-de-juarez-oaxaca?idiom=es>
- [GB] Gobierno de Brazil. 2003. Decreto No. 4.873, de 11 de noviembre. [citado 2020 febrero 5]. Disponible en:

- https://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/decreto/2003/D4873
- Gómez L, Tacuba A. 2017. La política de desarrollo rural en México. ¿Existe correspondencia entre lo formal y lo real? *ECONOMÍA* 14: 93-117. <https://doi.org/10.1016/j.eunam.2017.09.004>
- Gómez MG, Alemán L, Hosman L. 2022. Uso de bibliotecas digitales solares para la enseñanza del cambio climático en comunidades rurales. *Revista Interamericana de Bibliotecología* 45: e346130. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v45n3e346130>
- Gómez-Luna E, Fernando-Navas D, Aponte-Mayor G, Betancourt-Buitrago LA. 2014. Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *DYNA* 81: 158-163. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37066>
- [GR] Gobierno de la República. 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. [citado 2020 enero 22]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019
- Gudynas E. 2011. Debates sobre el desarrollo y sus alternativas en América Latina: una breve guía heterodoxa. En: Lang M, Mokrani D, editoras. Más allá del desarrollo. Quito, Fundación Rosa Luxemburgo y Abya Yala. P. 21-53.
- Gutierrez-Vera J. 1994. Use of renewable sources of energy in Mexico case: San Antonio Agua Bendita. *IEEE Transactions on Energy Conversion* 9: 442-450. <http://doi.org/10.1109/60.326461>
- Hanley C, Ross M, Montufar O, Rovero C, Foster R, Ellis A. 2001. Introducing Photovoltaics to New Markets Through Government Development Programs: The FIRCO Example in Mexico. *Photovoltaic Systems Symposium*. Albuquerque, Nuevo México, Estados Unidos.
- [IEA] Agencia Internacional de Energía. 2017. Energy Access Outlook 2017. International Energy Agency. París, Francia. <http://doi.org/10.1787/9789264285569-en>
- [IICA] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2014. Guía metodológica: uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [internet]. 2015. Datos: hogares y vivienda. [citado 2020 febrero 28]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/vivienda/>
- Irasquín C, Colina J, Moreno D, Marín F. 2016. Fundamentos conceptuales del desarrollo. *Multiciencias* 16: 288-293.
- Jaquenod de Zsögön S. 2007. Vocabulario ambiental práctico: jurídico, técnico, etimológico, con ejercicios y ejemplos prácticos. S. L. Dykinson. Madrid, España.
- Mercado E. 2022. Aceptabilidad de tecnologías alternativas: uso de estufas solares y beneficios ambientales en Santa Fe de la Laguna, Michoacán, México. *Revista SEXTANTE* 26: 11-21. <https://doi.org/10.54606/Sextante2022.v26.02>
- Ochoa-Bautista R, Ortega-Rivas C. 2007. La energía renovable en el sector agropecuario; Bioseguridad en México. *Claridades Agropecuarias* 167: 3-44.
- Ochoa-Bautista R, Ortega-Rivas C. 2008. Sistemas fotovoltaicos para el bombeo de agua. *Claridades Agropecuarias* 173: 1-11.
- [OECD] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. [internet]. 2012. Linking Renewable Energy to Rural Development. OECD. París. [citado 2020 febrero 10]. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/linking-renewable-energy-to-rural-development_9789264180444-en
- Oviedo-Toral L-P, Francois DE, Poganietz WR. 2021. Challenges for energy transition in poverty-ridden regions—The case of rural Mixteca, Mexico. *Energies* 2021: 2596. <https://doi.org/10.3390/en14092596>
- Pech-González GA, Ceballos-Falcón ÉG, González-Cortés N, Jiménez-Vera R. 2018. Elaboración sostenible de harina de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) mediante secado solar tecnificado. *European Scientific Journal* 14: 15. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n30p15>
- ProMéxico. 2017. La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México. Editorial ProMéxico. Ciudad de México, México.
- Román-Montes de Oca E. 2021. Experiencias e investigaciones en los procesos de desarrollo rural. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México.
- Sachs J, Schmidt-Traub G, Kroll C, Lafortune G, Fuller G. 2019. Sustainable Development Report 2019. Bertelsmann Stiftung y Sustainable Development Solutions Network. Nueva York, Estados Unidos.
- [SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. Ley de desarrollo rural sustentable. Diario Oficial de la Federación 1-68.

- Salas-Razo G, Juárez-Hernández L. 2018. Hacia un modelo de desarrollo rural integral sustentable basado en la sociedad del conocimiento. *Revista Espacios* 39: 9-26.
- [SENER] Secretaría de Energía. [internet]. 2016a. Inventario Nacional de Energías Limpias. México. [citado 2020 enero 10]. Disponible en: <https://dgel.energia.gob.mx/inel/index.html>
- [SENER] Secretaría de Energía. [internet]. 2016b. Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). México. [citado 2020 enero 20]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/101526/Informe_Cero_FOTEASE.pdf
- [SENER] Secretaría de Energía. [internet]. 2017a. Proyecto Agro-Energía para la sostenibilidad. Marco de Gestión Ambiental y Social (Vol. 2017). México. [citado 2020 enero 15]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/277979/3_P164055_EA-PAES_para_publicaci_n_201117.pdf
- [SENER] Secretaría de Energía. [internet]. 2017b. Proyecto de Agro-Energía para la Sostenibilidad. Marco de planificación para pueblos indígenas. México. [citado 2020 enero 22]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sener/documentos/marco-de-gestion-ambiental-y-social-y-evaluacion-de-impacto-ambiental-paes?idiom=es>
- [SENER] Secretaría de Energía. [internet]. 2017c. Informe Uno del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. México. [citado 2020 enero 6]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241356/Informe_Uno_del_FOTEASE_2017.pdf
- [SENER] Secretaría de Energía. [internet]. 2017d. Proyecto de Agro-Energía para la sostenibilidad. México. [citado 2020 enero 23]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sener/documentos/marco-de-gestion-ambiental-y-social-y-evaluacion-de-impacto-ambiental-paes>
- [SENER] Secretaría de Energía. [internet]. 2018. Informe dos. Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. México. [citado 2020 febrero 24]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/328985/Informe_Dos_del_FOTEASE_2017.pdf
- Tauro R, García CA, Skutsch M, Masera O. 2018. The potential for sustainable biomass pellets in Mexico: An analysis of energy potential, logistic costs and market demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82: 380-389. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.036>
- The World Bank. [internet]. 2019. Acceso a la electricidad, sector rural (% de la población rural). [citado 2020 febrero 10]. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.RU.ZS>
- Torres-Roldán F, Gómez-Morales E. 2006. *Renewable Energies for Sustainable Development in Mexico*. SENER. Distrito Federal, México.
- Vázquez V, Sosa DM. 2019. Seguridad energética e interseccionalidad de género en Zacatecas, México. *Sociedad y Ambiente* 21: 131-154. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i21.2043>
- Villarubia M. 2004. *Energía eólica*. Grupo Planeta. Barcelona, España.
- Weber B, Sandoval-Moctezuma AC, Estrada-Maya A, Martínez-Cienfuegos IG, Durán-García MD. 2020. Agave bagasse response to steam explosion and anaerobic treatment. *Biomass Conversion and Biorefinery* 10: 1279-1289. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00619-y>