



## **La energía solar fotovoltaica, análisis costo beneficio de los proyectos en México**

### **Photovoltaic solar energy, cost benefit analysis of projects in Mexico**

Luis A. Becerra-Pérez<sup>1</sup>, Romel R. González-Díaz<sup>2,\*</sup>, Ana C. Villegas-Gutiérrez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Autónoma de Sinaloa, México; [becerra@uas.edu.mx](mailto:becerra@uas.edu.mx)

<sup>2</sup>Centro Internacional de Investigación y Desarrollo (CIID), Montería, Colombia; [gonzalezromel@gmail.com](mailto:gonzalezromel@gmail.com)

<sup>3</sup>Maestría en Administración Estratégica, FCA, Universidad Autónoma de Sinaloa; [anaceliavillegas@gmail.com](mailto:anaceliavillegas@gmail.com)

\*Autor para correspondencia: [gonzalezromel@gmail.com](mailto:gonzalezromel@gmail.com)

Recibido 14 de agosto de 2020; aceptado 20 de septiembre de 2020

#### **RESUMEN**

La energía solar fotovoltaica registra el mayor crecimiento de las energías renovables en el mundo, con una tasa promedio anual de crecimiento mayor al 37% (1990-2016). Para aprovechar el potencial de esta fuente inagotable de energía, los países han implementado diversos programas de fomento a la inversión privada en este tipo de proyectos. Este artículo evalúa la inversión en sistemas de energía solar fotovoltaica conectados a la red, con el objetivo de determinar el efecto de los subsidios gubernamentales sobre la rentabilidad financiera de los proyectos. Mediante un estudio de caso en el sector agropecuario, la investigación demuestra que sin apoyos directos y beneficios fiscales la viabilidad financiera de los proyectos de energía solar fotovoltaica en México, no serían rentables.

**PALABRAS CLAVE:** Energía renovable; rentabilidad financiera; política energética.

**ABSTRACT**

Photovoltaic solar energy registers the highest growth of renewable energies in the world, with an average annual growth rate greater than 37% (1990-2016). To take advantage of the potential of this inexhaustible source of energy, the countries have implemented various programs to promote private investment in this type of project. This article evaluates investment in grid-connected solar photovoltaic systems, with the aim of determining the effect of government subsidies on the financial profitability of projects. Through a case study in the agricultural sector, the research shows that without direct support and tax benefits, the financial viability of photovoltaic solar energy projects in Mexico would not be profitable.

**KEYWORDS:** renewable energy; financial profit; energetic politics.

## **INTRODUCCIÓN**

El aumento de la temperatura media del planeta es un hecho incuestionable de consecuencias globales que pone en riesgo la vida humana dado el incremento en intensidad y frecuencia de diversos fenómenos naturales. El cambio climático, entendido desde una óptica económica, es una externalidad negativa global que responde a un patrón actual de producción y consumo y pone en riesgo un bien público como es el clima (Bárceñas et al., 2018).

A la vez que este fenómeno es general, también es injusto. Usualmente las consecuencias del calentamiento global las padecen en mayor medida las regiones que menos han contribuido al fenómeno, dada su deficiente infraestructura de protección y disposición de recursos para resarcir los daños. Por ejemplo, América Latina con una contribución a la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) del 8.3% (2014), recibe los mismos y/o mayores efectos que el resto de los continentes y es particularmente vulnerable a sus consecuencias negativas (Bárceñas et al., 2018).

En América Latina la emisión de GEI provienen principalmente del sector energía, con 46% del total, mientras su demanda energética sigue abastecida en el

75% con insumos de origen fósil (41% petróleo, 29% gas natural, 4% carbón y 1% nuclear) y solo 25% con energía renovable, de la cual el 14% proviene de biomasa (básicamente sólida), 8% de hidroenergía y 3% de otras fuentes (Bárceñas et al., 2018). Por lo anterior, el reto energético de la región para el siglo XXI es enorme y precisa desarrollar políticas públicas que detonen el potencial de la energía solar, entre otras, a tal grado de reducir las emisiones de GEI y cumplir los compromisos pactados en el Acuerdo de París.

Ya no se trata de un efecto futuro, el cambio climático es una realidad presente, traducido en sequías prolongadas, huracanes, inundaciones, mala calidad del aire, derretimiento de los polos, destrucción de ecosistemas, etcétera. Una alternativa común en las últimas décadas es el uso de la energía renovable como generadora de electricidad. La energía eléctrica respalda el desarrollo actual de la economía y la sociedad; además, se sabe que los recursos fósiles utilizados para producirla son limitados, costosos y ambientalmente insostenibles.

La inversión en energía solar está en auge, no genera GEI y es una alternativa frente a los constantes aumentos en las tarifas del sector eléctrico. En México, el gobierno ha puesto en marcha diversos programas que impulsan el uso

de las energías limpias en el sector agropecuario, contribuyendo de esta forma en dos aspectos muy importantes: cumplir los compromisos internacionales para combatir los efectos del cambio climático e incentivar al sector primario que desde hace tiempo se encuentra estancado y ha dejado de participar activamente del crecimiento económico del país (González-Díaz y Becerra-Pérez, 2015).

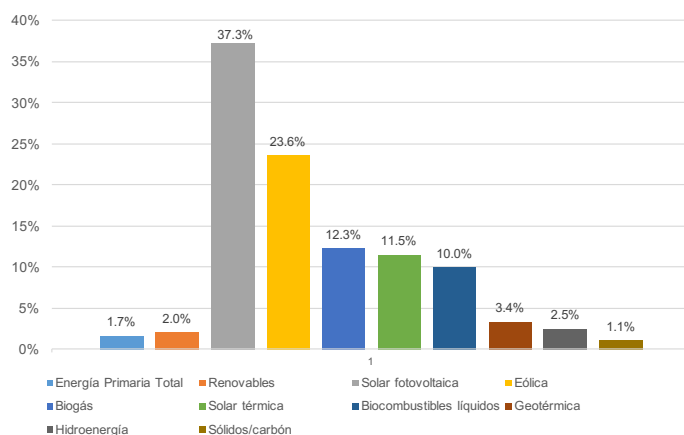
Desde el punto de vista financiero, las tarifas de abastecimiento, subsidios directos a la inversión, incentivos fiscales, descuento de impuestos en la comercialización de celdas fotovoltaicas y fomento de un mercado de certificados verdes son los principales instrumentos utilizados por los diferentes países para el desarrollo de la energía solar (Bhattacharya et al., 2016).

De acuerdo a Timilsina et al. (2012) los principales impulsores del desarrollo de la energía solar en el mundo son los subsidios y los principales instrumentos fiscales y regulatorios que se usan: créditos fiscales, tasas de interés preferenciales, incentivos directos, programas de préstamos, mandatos de construcción, estándares de cartera renovable, programas voluntarios de energía verde, medición neta, modelos de

interconexión y proyectos de demostración (González-Díaz et. al., 2016).

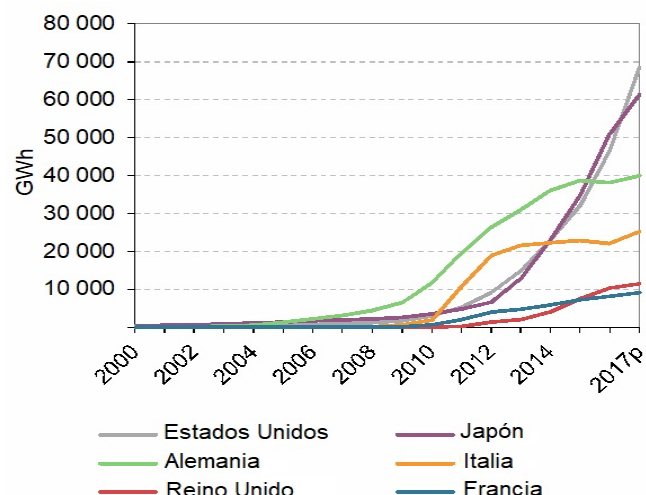
Son las instituciones y organizaciones creadas a partir de políticas públicas las que permiten reducir el riesgo y la incertidumbre en los proyectos de inversión, sobre todo cuando se trata de nuevas tecnologías. En un sistema de libre mercado, las instituciones emiten señales que alientan a los agentes económicos a tomar decisiones de inversión que de otro modo serían vistas como altamente riesgosas, potenciando el uso y desarrollo de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente (Becerra-Pérez, 2014).

El crecimiento promedio anual de la energía renovable en el mundo durante el periodo 1990-2016 demuestra que la solar fotovoltaica encabeza el crecimiento con una tasa de 37.3%, seguida de la energía eólica con una tasa de 23.6%, después, pero muy atrás, el biogás (12.3%), solar térmica (11.5%) y los biocombustibles líquidos (10%). La figura 1, también indica que la velocidad a la que ha crecido en promedio anual la energía renovable en el último cuarto de siglo es de 2%, ligeramente superior a la tasa de la oferta primaria total (1.7%) (OECD/IEA, 2018).



**Figura 1.** Tasas de crecimiento promedio anual de la oferta de energía renovable en el mundo, 1990-2016.

**Fuente:** OECD/IEA, 2018.



**Figura 2.** Energía solar fotovoltaica en 6 países miembros de la OCDE, 2000-2017.

**Fuente:** OECD/IEA, 2018.

Analizando únicamente el comportamiento de la energía solar fotovoltaica notamos que su crecimiento en realidad es reciente, sobre todo en la última década. En seis de los países desarrollados miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés), el crecimiento acelerado ha sucedido del 2008 a la fecha (ver figura 2). Por ejemplo, Estados Unidos y Japón desde el 2015 ya generan una cantidad mayor de GWh que Italia y Alemania, dejando atrás a este último, que había mantenido el liderazgo desde inicios de 2000.

Esta investigación se realizó bajo la modalidad de estudio de caso, utilizando un Análisis Costo-Beneficio (ACB) y una metodología mixta para el periodo 2008-2017. La hipótesis es que la rentabilidad económica de los proyectos de inversión en energía solar fotovoltaica en el sector agropecuario de México no es viable financieramente sin subsidios directos y beneficios fiscales.

El trabajo se encuentra dividido en cinco partes. La primera, es la presente introducción; la segunda, describe el marco teórico y los sistemas fotovoltaicos (SF); la tercera, presenta la metodología utilizada; la cuarta, muestra los resultados y discusión; y la quinta, revela las conclusiones.

## MARCO TEORICO

Los seres humanos usan energía, fundamentalmente derivada y/o producida con recurso fósil, para desarrollar muchas de las actividades diarias ocasionando un aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera que excede la cantidad que puede ser absorbido por la naturaleza. El CO<sub>2</sub> residual permanece en la atmósfera durante largo tiempo provocando un aumento de la temperatura global, especialmente en ciertas regiones del planeta. Entre 1900 y 2015, la temperatura media global aumentó 1.02 °C. Diversos análisis estiman que de no bajar los niveles actuales de emisión de CO<sub>2</sub>, en el año 2100 la temperatura media del planeta podría aumentar el 4°C (Zeng et al., 2017). En la conferencia de las partes del Protocolo de Kyoto que tuvo lugar del 30 de noviembre al 12 de diciembre de 2015 en París, Francia, se adoptó el *Acuerdo de París*, que busca combatir el cambio climático e impulsar inversiones y medidas para un desarrollo bajo en emisiones de carbono, resiliente y sostenible. Su objetivo principal es mantener en menos de 1.5 grados centígrados el aumento de la temperatura sobre los niveles preindustriales (UNFCCC, 2017c).

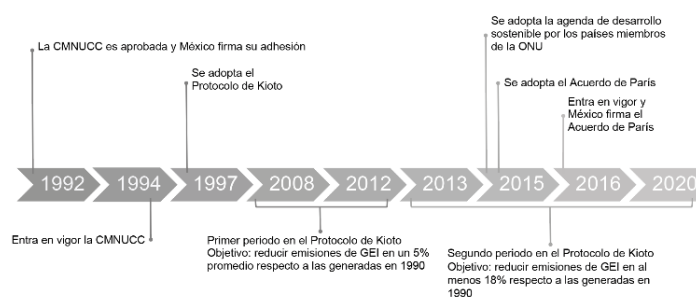
Se planeó que dicho acuerdo entraría en vigor cuando

55 países, que representaran al menos 55% de las emisiones mundiales, lo ratificaran, escenario alcanzado el 5 de octubre de 2016. Así el acuerdo inició su vigencia el 4 de noviembre del mismo año. Actualmente son 168 países (Estados Unidos se salió) los que han ratificado este acuerdo; México lo firmó el 22 de abril de 2016, lo ratificó el 21 de septiembre de 2016 y entró en vigor el 4 de noviembre del mismo año, por lo que nuestro país se encuentra obligado en cumplirlo.

La agenda de desarrollo sostenible fue adoptada por los países miembros de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) el 25 de septiembre de 2015 y consta de 17 objetivos cuyo propósito es erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar bienestar para todos. Cada objetivo está compuesto por metas definidas para lograrse en los próximos 15 años, lo cual sólo será alcanzable con la colaboración de gobiernos, sector privado, sociedad civil y los habitantes en general (UN, 2017). La agenda de desarrollo sostenible es global pero cada gobierno define sus propias metas específicas en el marco de los 17 objetivos planteados por la ONU.

Las acciones impulsadas por los gobiernos que han tomado estos principios como eje de su gestión, buscan apearse a los mismos, creando políticas públicas que los

ayuden a alcanzar los objetivos; del mismo modo, la colaboración del sector privado desempeña un papel primordial para la consecución de las metas planteadas. La figura 3 muestra una representación cronológica de la adopción de los principales acuerdos internacionales que derivan de la preocupación por el deterioro ambiental ocasionado a raíz del desarrollo alcanzado; además, se enfatiza la adhesión de México a dichos tratados.

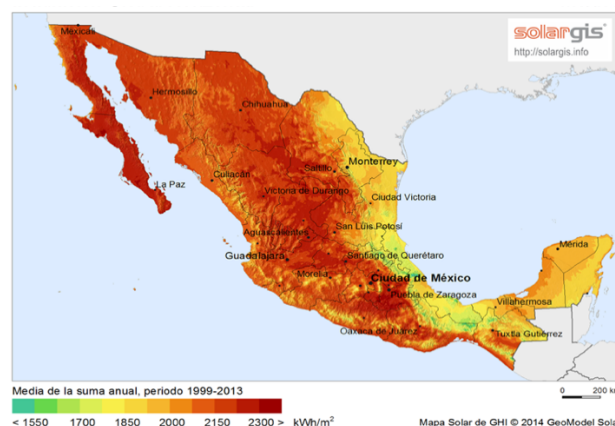


**Figura 3.** Representación cronológica de adopción de acuerdos internacionales.

**Fuente:** Elaboración propia en base a UNFCCC, 2017a; UNFCCC, 2017b; UNFCCC, 2017c; UN, 2017.

Según Estrada e Islas (2010) México debe transitar de una matriz energética basada en hidrocarburos a una que incluya energías renovables, dada su posibilidad de diversificación. México es abundante en recursos naturales que pueden ser aprovechados para generar energías limpias; la mayor parte de la superficie cuenta

con una insolación de 5 kilovatios por m<sup>2</sup>/día (Seefoó, 2014). La figura 4 indica el promedio anual de energía solar que recibió México, medida en kWh/m<sup>2</sup> en el periodo 1999-2013, mostrando que la mayor parte del territorio tiene condiciones para desarrollar proyectos de energía solar fotovoltaica.



**Figura 4.** Irradiación global horizontal promedio anual en México.

**Fuente:** SolarGIS, 2016.

El potencial que tiene la energía solar es inagotable en el corto plazo. Si se compara la cantidad de energía solar que llega a la tierra con las necesidades energéticas totales de la humanidad, la primera podría satisfacer 2,850 veces la demanda global de energía de la segunda (Ellaban et al., 2014), lo que la convierte prácticamente en ilimitada. La intensidad de energía disponible en un punto del planeta dependerá del día, hora y latitud. México tiene gran

potencial para el uso de este tipo de energía, sobre todo la parte occidental.

Entre las múltiples ventajas de este tipo de energía destaca el hecho de que no contamina, proviene de una fuente inagotable, es un sistema idóneo para zonas donde no llega la red eléctrica, es de fácil mantenimiento y el costo disminuye a medida que avanza la tecnología. Sus desventajas son que requiere una inversión inicial alta, tiene fuertes economías de escala que la hacen rentable a partir de ciertos niveles de generación eléctrica, se requiere de grandes extensiones de terreno, el nivel de captación varía de una región a otra y de una estación del año a otra, para asegurar el abastecimiento no se puede abandonar el método tradicional de compra de electricidad y los lugares donde existen mejores condiciones de captación generalmente son lugares desérticos y alejados que elevan los costos de acondicionamiento y mantenimiento (Flores et al., 2014).

Según el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), un SF es un conjunto de dispositivos o componentes, que permiten aprovechar y utilizar la energía solar para la producción de energía eléctrica, pueden ser de dos tipos: sistemas no conectados a la red, los cuales

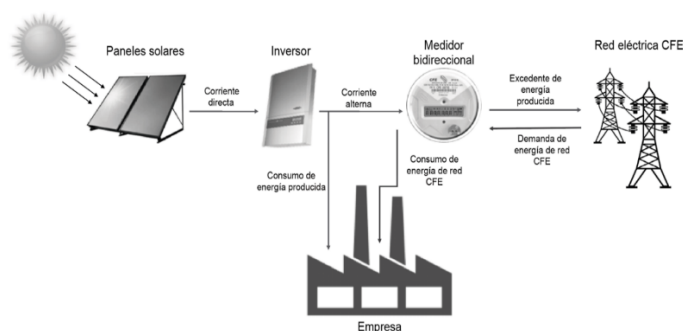
pueden contar con sistemas de acumulación de energía en baterías o sin baterías, es decir, autónomos; y sistemas interconectados a la red. Los fotovoltaicos interconectados a red pueden implementarse en agronegocios, como invernaderos, establos lecheros, granjas avícolas, rastros TIF (tipo inspección federal), y unidades de turismo rural. Esta energía permite desplazar los altos consumos de energía que entrega la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y brindar la energía necesaria para diversas actividades productivas en estas unidades (FIRCO, 2016).

Los SF interconectados a la red eléctrica de CFE permiten a los productores agropecuarios, almacenar la energía eléctrica generada y posteriormente utilizarla dentro de sus procesos productivos, lo que les genera considerables ahorros por consumo de energía. Parte de la energía que se genera en los paneles solares, se utiliza directamente para los procesos que requiere el agronegocio, y la energía sobrante puede ser “almacenada” en la red para su posterior bonificación, para ello es necesario instalar un medidor bidireccional el cual permite medir la cantidad de energía que se está ingresando a la red, así como la que se está consumiendo, para posteriormente determinar la diferencia entre lo ingresado y lo consumido, para ser



bonificado en el recibo de energía eléctrica de la CFE. El sistema de paneles solares capta la radiación solar convirtiéndola en corriente directa (CD), misma que es transformada en corriente alterna (CA), vía inversores, para poder entregarla a la red eléctrica de la CFE con un voltaje de 110 y 220 Volts (FIRCO, 2016).

Como se observa en la figura 5, la energía producida con el SF pasa a cubrir la demanda energética de la empresa, en caso de haber un excedente, será enviado a la red eléctrica de CFE para su bonificación de consumo en el futuro. El medidor bidireccional es el encargado de cuantificar la cantidad de kWh que se han enviado y demandado de la red de CFE.



**Figura 5.** Esquema de una instalación fotovoltaica interconectada a la red de CFE.

**Fuente:** Elaboración propia en base a FIRCO 2016.

El ACB es un marco analítico desarrollado por múltiples autores clásicos y probado en varios campos del conocimiento donde se encuentran implicadas

decisiones de costos y beneficios a través del tiempo. Existe fuerte evidencia empírica de su aplicación en las ciencias sociales, específicamente en las disciplinas de finanzas, administración, economía, salud pública, bioenergía, medio ambiente, entre otras (Domínguez, 2008).

El ACB es una herramienta que permite comparar los costos y beneficios de un proyecto, pudiendo ser aplicado tanto a proyectos privados como públicos. En los proyectos privados, el ACB consiste en evaluar la viabilidad financiera; mientras en proyectos públicos, además de calcular la rentabilidad financiera, también se consideran los costos y beneficios sociales (Castro et al., 2008; Campbell y Brown, 2016).

El ACB también permite evaluar entre diferentes opciones de inversión, incluso es posible valorar la opción de inversión ya elegida y en operación. Es una metodología sólida que proporciona información para evaluar financieramente un proyecto antes, durante y después de ejecutada la inversión, ya sea pública o privada.

La metodología de ACB incorpora en la evaluación de proyectos privados los subsidios, impuestos y beneficios fiscales, en etapas sucesivas que permiten alcanzar un

flujo neto de efectivo descontado, mientras en proyectos sociales se ignoran los impuestos y subsidios por considerarlos transferencias dentro de la misma sociedad, pero en cambio, sí toma en cuenta los impactos externos que puede ocasionar la operación del proyecto, como son los costos ambientales. Al respecto García et al. (2013) indica:

En el caso de generación eléctrica, donde los proyectos son de largo plazo y los costos y beneficios, tanto privados como sociales, varían de manera significativa según la tecnología empleada y las características de los recursos disponibles a nivel local, resulta de gran interés buscar una aproximación que permita poner en la balanza todos los costos y beneficios de cada tecnología para poder tomar decisiones sobre futuras inversiones en el sector. (pp. 29-30)

Según Strantzali y Aravossis (2016), el ACB es una alternativa que permite evaluar todas las categorías de impacto en términos monetarios. Proporcionando resultados en una escala compatible con el mecanismo de mercado y más comprensible para los tomadores de decisiones. Lamentablemente, es difícil expresar todos los rubros, incluidos los impactos en los bienes no

comerciales, en términos monetarios. Por lo tanto, el análisis se enfoca en aspectos que solo pueden monetizarse, como costos de capital, instalación, operación, mantenimiento, ingresos, subsidios directos y fiscales, entre otros. Aunque esta es una limitante del ACB, es una herramienta muy socorrida en todos los campos por su objetividad.

El uso alternativo del dinero debe ser tomado en cuenta en la evaluación de proyectos, mismo que trata de captarse por medio de la tasa de descuento. Aunque es difícil de determinar con exactitud esta tasa, generalmente se le asocia a la tasa de interés del mercado, por lo que se usa la tasa de interés después de impuestos de los bonos a largo plazo con riesgo cero o cercano a cero. Si interpretamos a la tasa de descuento como el costo de oportunidad del dinero, entonces ésta debe reflejar el valor que se está dispuesto a renunciar en el presente a cambio de un ingreso adicional en el futuro.

Paudel y Sarper (2013) realizaron un análisis económico de un SF interconectado a la red, con capacidad de 1.2 MW e instalado en la Universidad-Pueblo del Estado de Colorado (E.U.), identificando que los costos del sistema fotovoltaico, los programas de asistencia financiera y los precios de la energía, adicionales a las condiciones

climáticas favorables, son cruciales para la viabilidad económica de los proyectos. El modelo económico aplicado en su análisis, se basa, entre otras cosas, en la siguiente igualdad:

$$FC = (CF + R + IVE + VR) - (II + CO + CM + CE)$$

Donde FC es flujo de caja, CF son los créditos fiscales, R representa los reembolsos de la compañía a quien se le vende la energía, IVE son los ingresos por ventas de energía, VR es el valor de rescate, II es la inversión inicial, CO son los costos de operación, CM son los costos de mantenimiento, y CE son costos de eliminación.

Si se observa bien este modelo, los ingresos están esencialmente compuestos por subsidios (créditos fiscales) y ventas de energía, mientras los costos están formados fundamentalmente por la inversión (compra, instalación, seguros y garantías del sistema), la operación y el mantenimiento. Realizando un ACB Paudel y Sarper (2013) concluyen que, para las condiciones de Estados Unidos, el umbral de rentabilidad (*breakeven*) de los proyectos de energía solar fotovoltaica requieren de al menos un crédito

fiscal del 4%; situación que, por supuesto, es diferente en México; no obstante, nos indica la necesidad de que existan dichos créditos fiscales para que detonen este tipo de proyectos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en tres etapas: a) estudio documental; b) trabajo de campo; c) sistematización y análisis de información. En la primera etapa, se realizó una revisión de literatura teórica y cuantitativa del tema, se investigaron los apoyos directos y fiscales otorgados en México en favor de proyectos de inversión en energía solar fotovoltaica del sector agropecuario interconectados a la red de CFE, para el período 2008-2017; se hizo uso de solicitudes de acceso a la información pública nacional y estatal, análisis documental y se buscó la empresa para llevar a cabo el caso de estudio, teniendo como requisito que tuviera en operación un SF subsidiado con recursos públicos.

En la segunda etapa, se llevó a cabo el trabajo operativo sobre el caso de estudio, se visitó a la empresa en diversas ocasiones conversando con el personal de los diferentes niveles de su estructura, se localizó a diferentes proveedores y gestores de este tipo de proyectos y se dialogó directamente con autoridades gubernamentales

locales (Gobierno de Sinaloa y FIRCO). En todos los casos se aplicaron encuestas semiestructuradas para obtener información, misma que posteriormente fue computada y validada. En esta etapa, también se obtuvieron datos detallados de costos y beneficios de la empresa, aclarando que la información de generación eléctrica fue extraída directamente de los 4 inversores del SF, mientras el consumo energético y los precios fueron obtenidos de la CFE (Hernández-Royett y González-Díaz, 2016).

En la tercera etapa, se sistematizó y analizó toda la información recabada. Previo al análisis costo beneficio, la información fue tratada y codificada mediante las herramientas *System Advisor Model (SAM)*, *RetScreen*, *Excel de Microsoft* y *Atlas.ti*.

El SAM es un software desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, el cual permite llevar a cabo simulación de generación y evaluación financiera (NREL, 2014). Además, es posible realizar estimaciones de rendimiento, costos de instalación, operación y mantenimiento; pudiendo elegir diferentes parámetros para tomar en cuenta las distintas tecnologías disponibles en el mercado; en general,

incluye una biblioteca de datos que describen las características de los componentes, como paneles e inversores fotovoltaicos. Para evaluaciones específicas se requiere de ubicación geográfica del proyecto, datos meteorológicos y demás factores energéticos, existiendo la posibilidad de incorporar información por *default*. En nuestro caso, usamos este software.

Otra de las herramientas utilizadas en esta investigación fue *RETScreen*, software desarrollado por el Ministerio de Recursos Naturales de Canadá, capaz de realizar estudios de pre-factibilidad, incluyendo dimensionamiento aproximado y análisis financiero a profundidad; algunas versiones del mismo pueden estimar emisiones de GEI, teniendo acceso a una base de datos climáticos y variables de temperatura, radiación solar mes a mes de todo el mundo (Sinha y Chandell, 2014).

El estudio de caso es una empresa del sector pecuario, ubicada en la zona centro de Sinaloa, México, dedicada al negocio de la carne de bovino para el mercado nacional e internacional (Estados Unidos); genera 23 empleos directos, está certificada como proveedor confiable por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y desarrolla buenas prácticas administrativas, planeación estratégica y

gobierno corporativo. Su efecto multiplicador se extiende dado la compra de ganado en pie que realiza en la comunidad regional, incluido los estados circunvecinos. Para sus diferentes procesos productivos dispone de corrales de engorda, silos para grano, secadoras, maquinaria diversa, camiones, jaulas, entre otras. Los silos forrajeros y la secadora de granos (28 motores) son equipos altamente demandantes de energía eléctrica.

A partir de 2008 México inició la promoción y apoyo de energías limpias por medio de SF interconectados a la red eléctrica nacional, gestionando recursos económicos del Banco Mundial (BM) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). El apoyo es a fondo no recuperable y consiste en la aportación de hasta el 50% del costo total del proyecto fotovoltaico, hasta un máximo de un millón de pesos por beneficiario.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La evolución de los apoyos otorgados a SF interconectados a la red de CFE se presenta en la tabla 1, donde se describe la inversión pública y privada, la capacidad de generación y la producción anual de dichos sistemas. En el período analizado se instalaron

en México 725 SF con una capacidad total de 24,725.8 kWh y una generación estimada de 41.9 millones de kWh anualmente. La inversión pública y privada fue de 471.7 y 480.7 millones de pesos, respectivamente.

Del período analizado destacan 2013 y 2015, años en los cuales la capacidad instalada superó los 7,500 kWh, producto de un aumento sustancial de los apoyos, validando con ello el supuesto económico de que la inversión privada, sobre todo cuando se trata de emprender nuevas tecnologías, sigue a la inversión pública.

Otro aspecto a distinguir de la tabla 1 es el resultado en materia de emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). Se estima que la generación de electricidad con los SF instalados permitieron reducir la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) en una cantidad un poco mayor a 20 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Se calcula que este impacto ambiental favorable equivale a dejar de consumir 8.6 millones de litros de gasolina al año en México (2.322 kg de CO<sub>2</sub>/litro de gasolina) e igual a cero emisiones de CO<sub>2</sub> de 5,177 mexicanos durante un año (3.866 ton CO<sub>2</sub>/per cápita).

**Tabla 1.** México: SF apoyados e interconectados a la red de CFE, 2008-2017.

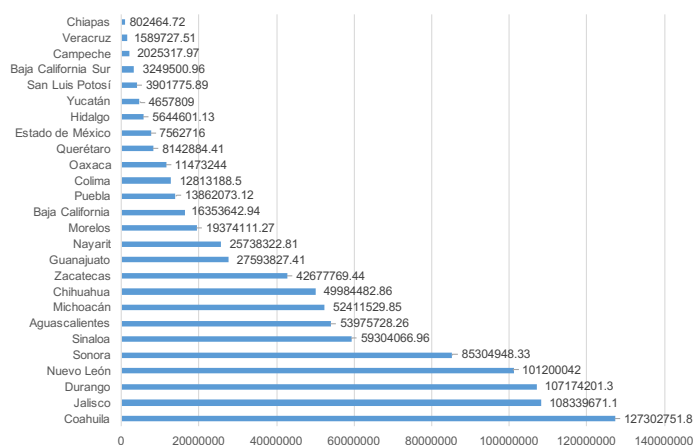
Año	Inversión FIRCO	Inversión beneficiario	Capacidad del sistema (kWh)	Producción electricidad estimada (kWh/año)	Reducción emisiones GEI (ton CO2e -anual)	Número de proyectos apoyados
2008	\$196,000.00	\$0.00	2.99	4,601.13	2.16	
2009	\$2,459,427.66	\$111,520.00	19.89	32,968.97	16.67	
2010	\$747,586.00	\$0.00	6.92	11,695.15	5.78	
2011	\$15,664,026.26	\$15,396,074.64	482.26	775,078.65	387.69	2
2012	\$65,154,150.59	\$67,594,216.72	2,565.22	4,303,267.19	2,222.49	8
2013	\$153,162,893.95	\$162,187,198.60	7,788.72	13,229,274.21	6,613.31	22
2014	\$63,760,590.30	\$58,486,454.76	3,627.99	6,109,267.16	2,773.61	10
2015	\$124,005,364.75	\$126,892,112.69	7,456.65	12,593,820.04	5,767.97	20
2016	\$46,586,602.47	\$50,056,180.12	2,775.18	4,857,240.82	2,224.62	7
2017	NO SE APOYARON PROYECTOS FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS A LA RED					
	\$471,736,641.98	\$480,723,757.53	24,725.80	41,917,213.32	20,014.31	72

**Fuente:** Elaboración propia.

La inversión total en SF en México durante 2008-2016 fue de 952.5 millones de pesos, la cual siguió una distribución regional desigual. En este *ranking* de inversión en SF, los primeros cinco estados fueron Coahuila, Jalisco, Durango, Nuevo León y Sonora, los cuales concentraron más del 55% de la inversión; mientras los últimos cinco son Chiapas, Veracruz, Campeche, Baja California Sur y San Luis Potosí, los cuales solo concentraron el 1.2% de la inversión (ver figura 6). Además, Guerrero, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala y Ciudad de México no registraron inversión alguna en energía solar fotovoltaica. Por otra parte, Sinaloa obtuvo el 6% de la inversión total realizada en México en el periodo señalado, menos de la mitad de lo ejercido por Coahuila. En contraste, Baja California Sur, estado con

excelentes condiciones de radiación para la generación de energía solar, solo invirtió poca más de tres millones de pesos como resultado de los bajos apoyos recibidos.

En general, la inversión en emprendimientos de SF, dado que requiere de elevados montos iniciales de capital por parte del empresario, sigue el mismo patrón de desarrollo regional mostrado por las entidades y es fuertemente influenciado por decisiones políticas-administrativas. Por lo tanto, si lo que se desea es modificar la concentración de apoyos, deben ser modificadas las políticas de fomento de energía solar fotovoltaica con un enfoque regional, sin dejar de contemplar, por supuesto, la cantidad de radiación solar que recibe cada entidad.



**Figura 6.** Inversión por estado en SF interconectados a la red de CFE, 2008-2016.

**Fuente:** Elaboración propia.

En Sinaloa los apoyos a la energía solar por medio de SF interconectados a la red de CFE iniciaron en 2010 e igualmente al resto del país fueron canalizados por medio de FIRCO. El total de proyectos incentivados de 2010 a 2016 fueron 35, con una inversión pública de 29.4 millones de pesos que, sumada a una cantidad privada aproximadamente igual, registra un total de 59.3 millones de pesos en SF en Sinaloa. La capacidad de generación instalada con estos nuevos SF fue de 1,500 kWh/año con una producción estimada de 2.8 millones de kWh/año (ver tabla 2). Con esa cantidad de electricidad generada se estima haber logrado reducir las emisiones de GEI en 1,345 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, cantidad similar a dejar de consumir 580 mil litros de gasolina al año.

**Tabla 2.** Sinaloa: SF apoyados e interconectados a la red de CFE, 2010-2016.

Año	Inversión FIRCO	Inversión beneficiario	Inversión total	Capacidad del sistema (kWh)
2010	\$ 563,886.00	\$ -	\$ 563,886.00	
2011	\$ 1,354,722.68	\$ 1,474,722.70	\$ 2,829,445.38	4
2012	\$ 4,281,921.50	\$ 3,900,854.00	\$ 8,182,775.50	20
2013	\$ 8,042,831.66	\$ 8,215,617.42	\$ 16,258,449.08	41
2014	\$ 3,744,865.04	\$ 3,850,865.04	\$ 7,595,730.08	18
2015	\$ 5,788,181.50	\$ 6,181,214.30	\$ 11,969,395.80	37
2016	\$ 5,692,929.00	\$ 6,211,456.12	\$ 11,904,385.12	32
	\$ 29,469,337.38	\$ 29,834,729.58	\$ 59,304,066.96	1,54

**Fuente:** Elaboración propia.

Para Rodríguez et al. (2016) la viabilidad de proyectos para instalar sistemas de generación de energía solar fotovoltaica depende de la combinación de cuatro variables: los costos de inversión, la tarifa de la energía eléctrica, los apoyos gubernamentales y la radiación solar. Por su parte, Timilsina et al. (2012) concluyen que el crecimiento de la energía solar se debe principalmente a las políticas de apoyo emitidas a su favor y consideran que los apoyos existentes y la introducción de nuevos programas serán necesarios durante varias décadas para mantener y mejorar el crecimiento de la energía solar tanto en países en desarrollo como en desarrollados.

En el mismo sentido, Bhattacharya et al. (2016), luego de estudiar los efectos de la energía renovable en el crecimiento económico de los principales países consumidores de energía limpia, recomiendan a legisladores centrarse en la inversión de energía renovable de manera efectiva, sugiriendo que gobiernos, agentes planificadores, agencias de cooperación internacional y organismos asociados deben actuar en conjunto para aumentar la inversión en energías renovables y lograr un crecimiento bajo en carbono.

Una vez analizada la evolución de los apoyos en favor de la energía solar fotovoltaica en el sector agropecuario de

México y Sinaloa, para estar en posibilidades de comprobar nuestra hipótesis de que sin este tipo de apoyos directos y fiscales los proyectos de generación eléctrica interconectados a la red de la CFE no serían rentables, requerimos de un caso de estudio. A continuación, se realiza el análisis costo beneficio de la empresa especificada en la metodología.

En los proyectos de esta naturaleza, aparte de los costos de elaboración del mismo y de gestión, es muy importante realizar un análisis de radiación solar de la zona donde se encuentra la empresa, perfil de consumo, precio del kWh pagado a la CFE y el retorno de la inversión. Además, se debe considerar los tipos de tecnología disponible, proveedores, espacio y equipos como paneles solares, inversores, estructura y cableado requeridos. También hay que tomar en cuenta el tiempo y la tramitación de los apoyos y permisos a la CFE dado que usualmente se extienden mucho más de lo que se tiene inicialmente considerado en los proyectos.

Una vez en marcha el sistema, se incurre en costos de mantenimiento que generalmente consiste en una limpieza de la superficie de los paneles solares, misma que se recomienda una vez por mes conjuntamente con

la revisión técnica de las conexiones e instalaciones respectivas. En el mercado existen pólizas de mantenimiento que pueden ser adquiridas para satisfacer este requerimiento.

En el caso específico que estamos analizando, el SF se compone de 192 paneles solares, 4 inversores, 1 medidor bidireccional para la interconexión a la red, estructuras soporte, cajas multi-circuito para recepción de *strings*, centro de carga, cableados, herrajes, tornillería, entre otras refacciones y materiales necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico. La inversión total del proyecto ascendió a \$2'027,001.47, de los cuales 1 millón fue apoyo gubernamental y el resto lo puso la empresa, aclarando que, por cuestiones cambiarias a favor del empresario, la aportación final de éste sólo fue de \$864,781.27, a través de un crédito bancario (ver tabla 3). La inversión se llevó a cabo en el 2012 y el SF inició operaciones a partir del 2013.

**Tabla 3.** Caso de estudio: inversión en el SF (pesos).

Concepto	Monto
Inversión total SF	\$2,027,001.47
- Subsidio FIRCO	\$1,000,000.00
- Diferencia por tipo de cambio	\$162,220.20
= Inversión inicial empresa	\$864,781.27

**Fuente:** Elaboración propia.



Para lograr un desarrollo de la energía solar fotovoltaica más acelerado se requiere de políticas públicas que contengan acciones de fomento hacia este tipo de energía renovable. Según Timilsina et al. (2012) en todos los países se demandan instrumentos fiscales y regulatorios para fomentar la inversión en energía solar, entre los que se incluyen incentivos fiscales, tasas de interés preferenciales, incentivos directos (subsídios), programas de préstamos, mandatos de construcción, estándares de cartera renovable, programas voluntarios de energía verde, estándares de interconexión y proyectos de demostración.

Fahri et al. (2015) y Hernández-Julio et al. (2019) concuerdan que existen beneficios financieros y no financieros al generalizarse la energía solar fotovoltaica. En los primeros, destacan las mejoras en los costos totales del sistema, tales como operativos, de capacitación, de mantenimiento, entre otros; mientras en los segundos, incluyen la creación de valor, cambios en la eficacia del sistema y la percepción de la responsabilidad ambiental de las empresas.

Con el objetivo de analizar el desempeño financiero del proyecto se realizó una evaluación financiera a

veinticinco años, vida útil promedio garantizada de este tipo de tecnología. Para evaluar el desempeño de la inversión se llevó a cabo un ACB estimando los indicadores clásicos de VPN (valor presente neto), TIR (Tasa Interna de Retorno), B/C (relación beneficio/costo) y PR (período de recuperación). Para costear el proyecto se utilizó información proporcionada directamente por la empresa, validada con proveedores en el mercado. Para los beneficios se investigó el precio de venta del kWh de la CFE en la zona y tarifa donde se ubica la empresa. Debido a que la tecnología instalada no cuenta con sistema de monitoreo que registre información de la generación diaria de electricidad, se procedió a un levantamiento de información directa en los cuatro inversores que integran el SF, los cuales tienen almacenada en su memoria la energía producida desde el inicio de operación (ver tabla 4). Se estima que en total 250 toneladas de CO<sub>2</sub> no fueron emitidas al medio ambiente debido al funcionamiento del SF en los primeros cinco años de operación.

**Tabla 4.** Producción de energía del SF y CO<sub>2</sub> no emitido, 2013-2017.

Concepto	Inversor 1	Inversor 2	Inversor 3	Inversor 4
Producción energética (MWh)	95.80	90.30	98.60	98.50
Toneladas de CO <sub>2</sub> que no se emitieron	62.32	58.76	64.13	64.08

**Fuente:** Elaboración propia.

Cabe mencionar que cada inversor y conjunto de paneles puede presentar diferente nivel de producción, aun habiendo operado bajo las mismas condiciones climatológicas, lo cual puede deberse a varios factores, sobre todo físicos, de los equipos. Se determinó la producción energética considerando la degradación natural de los equipos usando un índice de degradación anual de los paneles solares de 0.7% (NREL, 2014; Rodríguez et al., 2016). La demanda energética a la red de CFE también resulta de trascendencia para la evaluación del SF, razón por la que se solicitó a dicha institución el consumo de energía eléctrica de la empresa.

Para el análisis de demanda de energía de la empresa se investigó el consumo hecho a la red y se estimó la producción del sistema fotovoltaico. La tabla 5 muestra los kWh anuales demandados a la red y lo producidos por el sistema, así como la cobertura de autogeneración de la empresa (54%) en el período analizado.

**Tabla 5.** Empresa: consumo de energía a la red y generación del SF, 2013-2017.

Año	kWh consumidos		Total	Porcentaje de cobertura del SF
	CFE	SF		
2013	51,920	77,720	129,640	60%
2014	50,000	77,176	127,176	61%
2015	72,162	76,636	148,798	52%
2016	81,544	76,100	157,644	48%
2017	75,191	75,567	150,758	50%
Total	330,817	383,200	714,017	54%

**Fuente:** Elaboración propia con base en CFE y SAM.

Para costear la energía generada por el SF se consideró el precio medio de energía eléctrica anual para empresas medianas del sector industrial, en base al Sistema de Información Energética (SIE, 2018) de la Secretaría de Energía (SENER). Debido a que el análisis financiero se extiende por 25 años, para calcular precio de la energía en los años subsecuentes se consideró la inflación proyectada por parte del Banco de México (Banxico, 2018).

Otro aspecto importante en la evaluación financiera de este tipo de proyectos son los beneficios fiscales. Existen deducciones del Impuesto sobre la Renta (ISR) que otorga la Ley del Impuesto sobre la Renta (LISR, 2013), en el artículo 34, fracción XIII, donde se establece la deducción al 100% de maquinaria y equipo que participe en la generación de energía a través de fuentes renovables. Destacando que hay compra de maquinaria y equipo del SF en los años 2012, 2015 y 2016.

Respecto al mantenimiento, la empresa realiza una limpieza de los paneles dos veces por semana, lo cual

consiste en lavar con agua y jabón y un cepillo especial, implicando un costo anual de \$21,600, mismo que fue re-expresado en términos reales por medio del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) (Banxico, 2018; INEGI, 2018).

La tabla 6 muestra la corrida financiera de la inversión durante veinticinco años de vida útil del SF, el flujo neto resulta del ahorro de energía más la deducción de ISR menos el costo de operación y mantenimiento anual. Se obtiene el valor actual del flujo neto de efectivo y se acumulan los saldos a través del tiempo para estimar el valor presente neto del SF.

**Tabla 6.** Corrida financiera del proyecto de inversión en energía solar fotovoltaica.

Año	Producción (kWh)	Costo kWh	Ahorro de energía	Deducción de ISR	Costo operación y mtto.	Flujo neto	Valor actual	Flujo acumul
0						-864,781.27	-864,781.27	-864,78
1	77,720	\$1.69	\$131,005.67	\$566,759.18	\$17,710.20	\$680,054.66	\$618,231.51	-246,54
2	77,176	\$1.75	\$134,722.01		\$18,413.29	\$116,308.72	\$96,122.91	-150,42
3	76,636	\$1.42	\$108,637.39	\$12,331.41	\$60,269.25	\$60,699.55	\$45,604.47	-104,82
4	76,100	\$1.43	\$108,933.40	\$16,308.96	\$73,935.96	\$51,306.40	\$35,042.96	-69,77
5	75,567	\$1.66	\$125,367.29		\$20,230.40	\$105,136.89	\$65,281.74	-4,49
6	75,038	\$1.74	\$130,714.21		\$21,600.00	\$109,114.21	\$61,592.13	\$57,09
7	74,513	\$1.81	\$134,991.18		\$22,464.00	\$112,527.18	\$57,744.23	\$114,83
8	73,991	\$1.87	\$138,067.63		\$23,137.92	\$114,929.71	\$53,615.56	\$168,45
9	73,473	\$1.92	\$141,214.19		\$23,832.06	\$117,382.13	\$49,781.48	\$218,23
10	72,959	\$1.98	\$144,432.46		\$24,547.02	\$119,885.44	\$46,221.03	\$264,45
11	72,448	\$2.04	\$147,724.07		\$25,283.43	\$122,440.64	\$42,914.70	\$307,37
12	71,941	\$2.10	\$151,090.71		\$26,041.93	\$125,048.77	\$39,844.39	\$347,21
13	71,438	\$2.16	\$154,534.06		\$26,823.19	\$127,710.87	\$36,993.29	\$384,20
14	70,937	\$2.23	\$158,055.89		\$27,627.89	\$130,428.01	\$34,345.77	\$418,55
15	70,441	\$2.29	\$161,657.99		\$28,456.72	\$133,201.27	\$31,887.32	\$450,44
16	69,948	\$2.36	\$165,342.17		\$29,310.42	\$136,031.75	\$29,604.47	\$480,04
17	69,458	\$2.43	\$169,110.32		\$30,189.74	\$138,920.58	\$27,484.70	\$507,53
18	68,972	\$2.51	\$172,964.35		\$31,095.43	\$141,868.92	\$25,516.37	\$533,04
19	68,489	\$2.58	\$176,906.20		\$32,028.29	\$144,877.91	\$23,688.70	\$556,73
20	68,010	\$2.66	\$180,937.90		\$32,989.14	\$147,948.76	\$21,991.64	\$578,72
21	67,534	\$2.74	\$185,061.47		\$33,978.82	\$151,082.66	\$20,415.89	\$599,14
22	67,061	\$2.82	\$189,279.02		\$34,998.18	\$154,280.84	\$18,952.78	\$618,09
23	66,592	\$2.91	\$193,592.69		\$36,048.13	\$157,544.57	\$17,594.29	\$635,69
24	66,125	\$2.99	\$198,004.67		\$37,129.57	\$160,875.10	\$16,332.94	\$652,02
25	65,663	\$3.08	\$202,517.19		\$38,243.46	\$164,273.74	\$15,161.81	\$667,18

**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez hecha la corrida financiera del proyecto, obtenemos un VPN de \$667,185.79, una TIR mayor a

cero (24.8%) y con amplio margen respecto a la tasa de descuento seleccionada (10%); además, la relación B/C indica que, por cada peso invertido en el SF, además de recuperarlo, se obtiene una ganancia de 77 centavos. El PR muestra que la inversión se recupera a los 5 años y 1 mes de su inicio, en nuestro caso, enero de 2018.

Según las aportaciones de Fahri et al. (2015), la evaluación *expost* permite evaluar el desempeño del proyecto de forma integral y a nivel estratégico, pudiendo encontrar la relación causal entre el proceso del proyecto, los resultados obtenidos y su impacto, así como también permite la comparación entre los resultados proyectados y los reales. En nuestro caso, la empresa analizada, la cual inició operaciones en 2013, ya ha recuperado la inversión inicial (enero 2018) y se encuentra en la etapa de ingresos netos positivos dado los ahorros que está teniendo por concepto de electricidad.

No obstante que la evaluación financiera del proyecto es positiva, se elaboró un ejercicio sin incluir subsidios directos en la inversión inicial ni beneficios fiscales en la etapa de operación dando como resultado problemas de viabilidad económica en el proyecto. Los indicadores obtenidos en este ejercicio muestran que los 25 años de vida del proyecto son insuficientes para recuperar la

inversión. Los resultados son: VPN negativo, TIR menor a la tasa de descuento y B/C menor a 1, lo que significa que la inversión no es recuperable (ver tabla 7). Por lo anterior, es notoria la contribución de los subsidios y beneficios fiscales para la viabilidad de los proyectos de energía solar fotovoltaicos, con lo cual se está comprobando la hipótesis de esta investigación.

**Tabla 7.** Evaluación económica de un proyecto de energía solar fotovoltaica con/sin subsidios directos y beneficios fiscales.

Indicadores financieros con subsidio y beneficios fiscales		Indicadores financieros sin subsidio ni beneficios fiscales	
VPN =	\$667,185.79	VPN =	<b>-\$1,030,674.04</b>
TIR =	24.77%	TIR =	3.24%
B/C =	1.77	B/C =	0.49
PR =	5.07	PR >	25.00

**Fuente:** Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Después de analizar la evolución de los apoyos directos a proyectos de inversión en energía solar fotovoltaica en el sector agropecuario de México y Sinaloa, mediante un estudio de caso se evaluó financieramente un SF para someter a prueba la hipótesis de que dichos proyectos no son rentables sin subsidios directos y

fiscales. Los hallazgos apuntan a validar dicha hipótesis. El SF interconectado a la red de CFE analizado inició operaciones en el 2013 con un subsidio del 50% de la inversión, se acogió a los beneficios fiscales contemplados en la normatividad fiscal vigente y, a pesar de ser pionero en la introducción de esta tecnología en la región, ya arribó a su punto de equilibrio (enero 2018) y en el presente está obteniendo un flujo neto de efectivo positivo, producto de los ahorros por concepto de gastos en electricidad, esto sin contar los beneficios ambientales, de imagen y de responsabilidad social que está obteniendo la empresa.

Para validar la importancia de los apoyos sobre la rentabilidad de los proyectos fotovoltaicos interconectados a la red, en nuestro caso de estudio se realizaron dos ejercicios financieros, uno con subsidios y beneficios fiscales y otro sin ellos. Los resultados comprueban que este prototipo de proyectos, al menos de este tamaño y con esta tecnología, no son aún rentables sin los apoyos directos y los beneficios fiscales respectivos. Lo anterior, nos conduce a afirmar que en México se requiere continuar, incluso mejorar, las políticas públicas de fomento hacia este tipo de energía

renovable diferenciándola por sector, región y tipo de productor.

## BIBLIOGRAFÍA

Banco de México (Banxico) (2018). Informe trimestral, abril-junio 2018. Recuperado de <<http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/%7B247C655C-1793-909F-7173-C82C3AB0F5F1%7D.pdf>>

Bárcenas, A.; Samaniego, J.; Galindo, L.M.; Carbonell, J.F.; Alatorre, J.E.; Stockins, P.; Reyes, O.; Sánchez, L.; Mostacedo, J. (2018). La economía del cambio climático en América latina y el Caribe: una visión gráfica. LC/TS.2017/84/rev.1, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas, Santiago, Chile.

Becerra-Pérez, L.A. (2014). La producción de etanol en México: insumos, procesos y oxigenación de gasolina; editorial Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

Bhattacharya, M.; Paramati, S. R.; Ozturk, I.; Bhattacharya, S. (2016). “The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries”.

Applied Energy, 162, 733-741. DOI <10.1016/j.apenergy.2015.10.104>

Campbell, H.F.; Brown, R.P.C. (2016). Cost-benefit analysis: financial and economic appraisal using spreadsheets, second edition, Routledge Taylor y Francis Group, ISBN: 978-1-138-84880-1. Pp. 435.

Castro, R.; Rosales, R.; Rahal, A. (2008). Metodologías de preparación y evaluación de proyectos de inversión pública: con ayuda de planillas parametrizadas: Universidad de los Andes.

Domínguez, P.C.A., (2008). Un análisis económico costo-beneficio del etanol en México (Tesis de maestría), Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California, México.

Ellabban, O.; Abu-Rub, H.; Blaabjerg, F. (2014). “Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, 748-764. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113>>

Estrada, C.; Islas, J. (2010). Energías alternas: propuesta de investigación y desarrollo tecnológico para

- México, primera edición, México, Academia Mexicana de Ciencias.
- Fahri, J.; Biesenthal, C.; Pollack, J.; Sankaran, S. (2015). "Understanding Megaproject Success beyond the Project Close-Out Stage". *Construction Economics and Building*, 15(3). DOI <10.5130/AJCEB.v15i3.4611>
- FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido) (2016). Sistemas fotovoltaicos autónomos e interconectados a red. Recuperado de <<http://www.gob.mx/firco/articulos/sistemas-fotovoltaicos-autonomos-e-interconectados-a-red?idiom=es>>
- Flores, D. E.; Fung, M.; Barragán, A. (2014). "Energía Solar, una Energía Alternativa Ante el Cambio Climático". *Kuxulkab'*, vol. 17, núm. 33.
- García, H.; Corredor, A.; Calderón, L.; Gómez, M. (2013). Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia.
- González-Díaz, R.R.; Becerra-Pérez, L.A. (2015). Análisis financiero empresarial del sector comercio como factor de competitividad través de la lógica difusa. *Estrategia*, 1(1), 1-10.
- González-Díaz, R. R.; Lara, R.J.V.; López, R. O.; Hernández-Royett, J. (2016). Tax on advertising and commercial advertising: An analysis from Municipal Tax Management. *Globalciencia*, 2(1), 20-34.
- Hernández-Julio, Y.F.; Hernández, H.M.; Guzmán, J.D.C.; Nieto-Bernal, W.; Díaz, R.R.G.; Ferraz, P.P. (2019). Fuzzy Knowledge Discovery and Decision-Making Through Clustering and Dynamic Tables: Application in Medicine BT-Information Technology and Systems. In Á. Rocha, C. Ferrás, y M. Paredes (Eds.) (pp. 122–130). Cham: Springer International Publishing.
- Hernández-Royett, J.; González-Díaz, R.R. (2016). Enfoques de investigación en la contabilidad. *Estrategia*, 2(1), 87-100.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2018). Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Recuperado de <<http://www.inegi.org.mx/default.aspx>>
- LISR (Ley del Impuesto sobre la Renta, México) (2013). Diario Oficial de la Federación, 11 de diciembre.

- NREL (National Renewable Energy Laboratory) (2014). System Advisor Model (SAM). Recuperado de < <https://sam.nrel.gov/>>
- OECD/IEA (Organization for Economic Co-operation and Development / International Energy Agency) (2018). Renewable information.
- Paudel, A. M.; Sarper, H. (2013). “Economic analysis of a grid-connected commercial photovoltaic system at Colorado State University-Pueblo”. *Energy*, 52, 289-296. DOI <10.1016/j.energy.2013.01.052>
- Rodríguez, S.; Torabikalaki, R.; Faria, F.; Cafôfo, N.; Chen, X.; Ivaki, A. R.; Mata-Lima, H.; Morgado-Dias, F. (2016). “Economic feasibility analysis of small scale PV systems in different countries”. *Solar Energy*, Vol. 131, pp. 81-95. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.02.019>>
- Seefoó, J.L. (2014), “Hacia la sustentabilidad ambiental de la producción de energía en México”, *Relaciones (Zamora)*, vol. 35, núm. 139. 343-350.
- Sinha, S.; Chandel, S. S. (2014). “Review of software tools for hybrid renewable energy systems”. *Renewable y Sustainable Energy Reviews*, 32, 192-205. DOI <10.1016/j.rser.2014.01.035>
- SIE (Sistema de Información Energética, Secretaría de Energía, México) (2018). Precios medios de energía eléctrica por sector. Recuperado de <<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>>
- Solar GIS (2016). GIS data and maps. Recuperado de <<http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/>>
- Strantzali, E.; Aravossis, K. (2016). “Decision making in renewable energy investments: A review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 885-898. DOI: <10.1016/j.rser.2015.11.021>
- Timilsina, G. R.; Kurdgelashvili, L.; Narbel, P. A. (2012). “Solar energy: Markets, economics and policies”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 449-465. DOI <10.1016/j.rser.2011.08.009>
- UN (United Nations) (2017). Objetivos de desarrollo sostenible. Disponible en:

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Reviews, 74, 860-872. DOI  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.016>

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2017a). First steps to a safer future: Introducing the United Nations Framework Convention on Climate Change. Recuperado de [http://unfccc.int/essential\\_background/convention/items/6036.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php)

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2017b). Kyoto Protocol. Recuperado de [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2017c). The Paris Agreement. Recuperado de [http://unfccc.int/paris\\_agreement/items/9485.php](http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php)

Zeng, S.; Liu, Y.; Liu, C.; Nan, X. (2017). "A review of renewable energy investment in the BRICS countries: History, models, problems and solutions". *Renewable and Sustainable Energy*