

## **Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar**

Clean energies in Mexico: projections for solar energy

Rocco Petrarca <sup>1</sup>

Recepción: 10/11/2020

Aceptación: 03/02/2021

### **Resumen**

En esta investigación se analiza la situación actual y las perspectivas de la generación de energía solar en México con el fin de identificar áreas de oportunidad tanto de inversión para la iniciativa privada como de intervención para las políticas públicas. Con base en los datos oficiales proporcionados por la Secretaría de Energía, se construye un modelo de pronóstico a partir de un modelo autorregresivo de series de tiempo (AR1). Los principales resultados indican que la generación de energía a partir de fuentes limpias como la solar tiene una tendencia negativa en México, por lo que es urgente que el gobierno incentive al sector para que sea atractivo para los inversionistas y el país pueda eventualmente transitar de un modelo de energía de combustión a energía verde. Una de las principales limitaciones fue el acceso a datos actualizados, por lo que sólo se contó con información hasta diciembre de 2017. Sin embargo, el ajuste del modelo resultante es bastante confiable para pronosticar el comportamiento de los siguientes años. Implicaciones prácticas. Los resultados dan evidencia suficiente de la urgencia de intervenir en el sector de las energías renovables en México, abandonado en la más reciente reforma energética. El trabajo pone el acento en el sector de las energías verdes en medio de una gran crisis económica mundial que desplomó los precios del petróleo a valores negativos y puso en cuestión la continuidad del modelo rentista de los países productores. Es una alerta para iniciar la transición del paradigma energético.

### **Abstract**

In this research we analyze the current situation and prospects for solar energy generation in Mexico in order to identify areas of opportunity for both investment for private initiative and intervention for public policies. Based on the official data provided by the Ministry of Energy, a forecasting model is built from an autoregressive time series model (AR1). The main results indicate that the generation of energy from clean sources such as solar has a negative trend in Mexico, so it is urgent that the government

---

Título original Clean energies in Mexico: projections for solar energy. Traducción al español: Alia Balam González, estudiante de economía, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

<sup>1</sup> Estudiante, Master Universitario di Primo Livello, Università di Bologna (Italia) and ICN Business School de Nancy (France)  
roccopretarca@gmail.com

incentivize the sector so that it is attractive to investors and the country can eventually transition from a model from combustion energy to green energy. One of the main limitations was access to updated data, so information was only available until December 2017. However, the resulting model fit is quite reliable to forecast the behavior of the following years. Practical implications. The results give sufficient evidence of the urgency of intervention in the renewable energy sector in Mexico, abandoned in the most recent energy reform. The paper places the accent on the green energy sector in the midst of a great global economic crisis that collapsed oil prices to negative values and called into question the continuity of the rentier model for producing countries. It is an alert to initiate the transition of the energy paradigm.

### Palabras clave

Oportunidades de inversión; Previsión de series temporales; Energías renovables; Energía solar.

### Key Words

Investment opportunities; Time Series Forecasting; Renewable energy; Solar energy.

### Introducción

Los recursos energéticos pueden clasificarse en tres categorías: combustibles fósiles, recursos renovables y recursos nucleares (informe de la Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2011). Las reservas de combustibles fósiles son limitadas, y su amplio uso es un problema relacionado con el deterioro del medio ambiente. De hecho, según Kalogirou (2004), existen tres problemas medioambientales internacionales: la precipitación ácida, el agotamiento del ozono estratosférico y el cambio climático global. El término precipitación ácida incluye cualquier forma de precipitación con componentes ácidos, como el ácido sulfúrico o nítrico que caen al suelo desde la atmósfera en forma húmeda o seca. El agotamiento del ozono estratosférico consiste en el adelgazamiento gradual de la capa de ozono de la Tierra en la atmósfera superior debido a la liberación de compuestos químicos que contienen cloro o bromo gaseosos procedentes de la industria y otras actividades humanas (Santoyo-Castelazo, et.al., 2014). En cuanto al cambio climático global, implica todos los cambios registrados a lo largo de la historia. Casi todos los cambios climáticos registrados hasta hoy se deben a variaciones muy pequeñas en la órbita de la Tierra que afectan a la cantidad de energía solar que recibe nuestro planeta.

Los problemas mencionados anteriormente están aumentando rápidamente y esto es un problema grave para los seres humanos. Por ejemplo, la tasa de cáncer de piel, de cataratas en los ojos y de daños genéticos y en el sistema inmunitario está aumentando (Ruiz-Mendoza y Sheimbaum-Pardo, 2010). Esta es una de las razones por las que empezar a utilizar energías renovables representa una cuestión urgente e importante. Las fuentes de energía renovables (FER) pueden definirse como "recursos sostenibles disponibles a largo plazo a un coste razonable que pueden utilizarse sin efectos negativos" (Dincer, 1999: 845). Las FER incluyen la biomasa, la energía hidroeléctrica, la geotérmica, la solar, la eólica y la marina (Fridleifsson, 2001). La figura 1 muestra el consumo de energías renovables en todo el mundo desde 1990. En general, el consumo de energías renovables ha aumentado desde 1990 en torno al 1%. El mayor

porcentaje de consumo de energías renovables se observa en 1999. A partir de 1999, se produjo un descenso a cerca del 16,91% de utilización de energías renovables. Esta fue la tasa más baja del periodo considerado. A partir de este momento, excepto en 2010 y 2011, el gráfico ilustra una tendencia creciente ya que el crecimiento medio es del 1%. Estos datos resultan ser realmente importantes para mostrar las proyecciones futuras del sector de las FER.

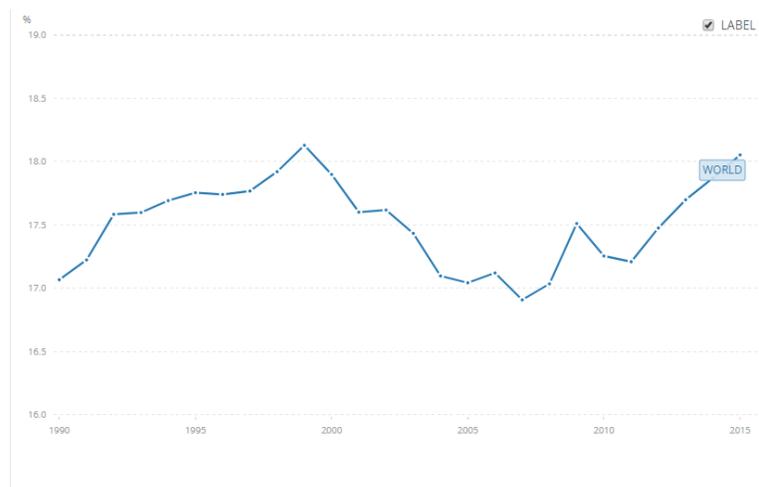


Figura 1: Consumo de energías renovables % del consumo total de energía final. Fuente: Banco Mundial, 2019.

En 2017, las cuotas del mercado de las FER en el mundo se caracterizaron de la siguiente manera (AIE, 2018): 50% de Bioenergía, 31% de energía hidroeléctrica, 9% de eólica, 4% de solar fotovoltaica. Se espera que el sector de las FER siga creciendo en el futuro, especialmente en la producción de equipos solares y eólicos. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2018), que tiene en cuenta el marco político y de mercado imperante, se espera que la capacidad renovable aumente en más de 1 TW (Terawatt), lo que se traduce en un crecimiento del 46% en el período de 2018 a 2023. El peso de la energía fotovoltaica (PV) en esta expansión supera el 50%, gracias a las políticas gubernamentales de apoyo y a las mejoras del mercado en todo la mayoría de las regiones. Según esta previsión, la energía eólica representa el segundo mayor contribuyente al crecimiento de la capacidad renovable, seguida de la hidroeléctrica y la bioenergía. La previsión de expansión de la capacidad eólica es de alrededor del 60%, y la eólica marina representa el 10% de ese crecimiento. Las proyecciones de crecimiento para la energía hidroeléctrica y la bioenergía son ambas moderadamente más positivas que el año pasado, sobre todo debido a la evolución de China (AIE, 2018).

La energía solar se refiere a la conversión de la luz solar en otras formas de energía que los seres humanos pueden utilizar para satisfacer sus necesidades, como la electricidad para iluminar nuestros hogares, calles y negocios, y también para alimentar nuestras máquinas. El término energía solar puede utilizarse para indicar el mismo concepto. La energía solar fotovoltaica será el motor del crecimiento de la capacidad renovable en los próximos seis años, con 575 GW de nueva capacidad que se espera que entre en funcionamiento durante ese período (AIE, 2018). Al mismo tiempo, las tecnologías para las FER también mostrarán una disminución de los costes de producción gracias al rápido desarrollo y al grado

## Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar

de inversión en nuevas tecnologías en todo el mundo (REN21, 2013). La tendencia de las inversiones en nuevas tecnologías ya iba en aumento antes de 2013. La figura 2 ilustra cómo se realizaron las nuevas inversiones mundiales en energías renovables entre 2004 y 2012.

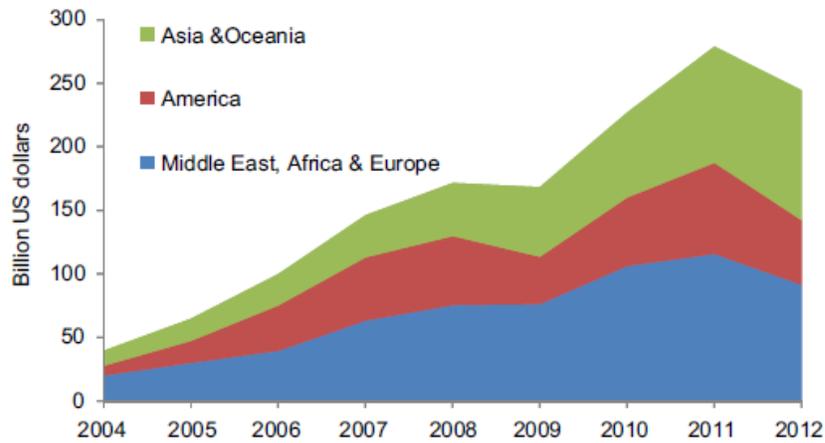


Figura 2: Nuevas inversiones mundiales en energías renovables por regiones, 2004-2012. (Fuente: Network R. Renewables 2013 - Global Status Report 2013).

Las energías renovables no son un tema nuevo para México. De hecho, desde la Conferencia de Río de 1992, México ha tomado iniciativas en políticas para promover la utilización de este tipo de energías (Alemán-Nava et al., 2014). La Figura 3 muestra todas las iniciativas que se han tomado desde México justo después de la Conferencia de Río, desde 1994 hasta 2012. El principal instrumento que rige el sector de las energías renovables en México es la Ley para el Desarrollo de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), promulgada en 2008. En virtud de esta ley, México puso en marcha la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, que establece que el 35% de la energía debe proceder de fuentes renovables para 2024 (es decir, energía eólica, solar, minihidráulica, biomasa, geotérmica y undimotriz, grandes centrales hidroeléctricas y, de forma más controvertida, energía nuclear). Aunque se han preparado (adoptado) muchas iniciativas, se pueden indicar varias razones para impulsar el uso de las FER en México. La creciente dependencia de los combustibles fósiles representa un gran problema. En 2007 se consideró que las reservas nacionales de hidrocarburos eran suficientes para soportar la producción anual de petróleo y gas sólo durante 9,6 y 8,9 años respectivamente (Alemán-Nava et al., 2014). Por otro lado, es probable que las FER se conviertan en una parte esencial de un sistema energético sostenible, contribuyendo tanto a la estrategia de diversificación energética de un país como a la apropiación de tecnologías energéticas emergentes (Ruiz-Mendoza & Sheimbaum-Pardo, 2010).

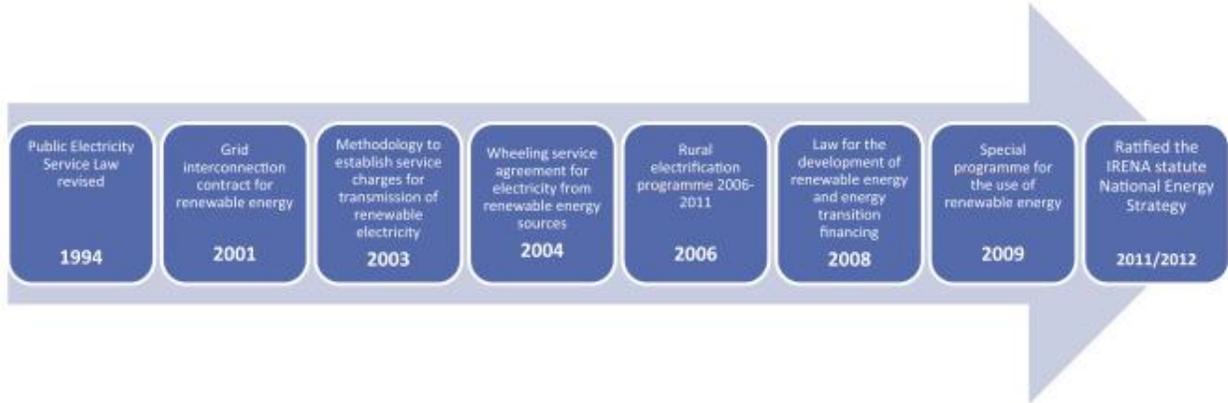


Figura 3: Cronología de las políticas sobre el progreso de la generación de energía a partir de las FER (fuente: RENA. Renewable energy country profile: Mexico. 2012).

La distribución geográfica de la radiación solar se clasifica en 4 categorías o cinturones solares según su intensidad a nivel mundial (Romero et al., 2012). El cinturón más favorable se encuentra entre las latitudes 15°N y 35°N, y entre 15°S y 35°S. México se encuentra completamente dentro de las latitudes 15°N a 35°N, con una estimación de los niveles de radiación solar de 5,35 kW h/m<sup>2</sup>. Precisamente por este motivo, existe un enorme potencial para generar energía a través de la energía solar, como se muestra a continuación (Figura 4). Se han realizado estudios para comprobar la viabilidad del uso de las energías renovables y que es posible generar energía a través de ellas (Resch et al., 2008). Estos estudios han demostrado que en México existe un potencial para generar 16.351 GW h/año a través de la energía solar y sólo tomando en consideración los estados de Chihuahua y Sonora. Estos dos estados representan el 45% de la generación, como se muestra en la Figura 4.

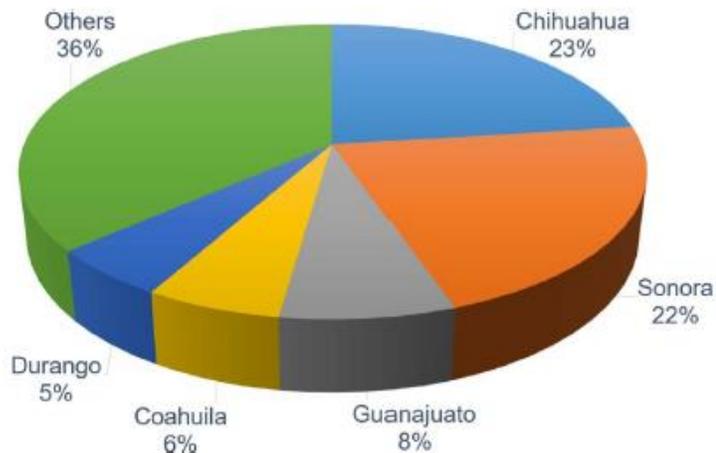


Figura 4: Potencial probado de generación de electricidad mediante energía solar en México

## **Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar**

El principal problema en México está representado por el hecho de que, a pesar del enorme potencial de generación de energía mediante el uso de la energía solar, este tipo de energía no se utiliza ampliamente. Como se dijo anteriormente, en 2017 la energía solar representó sólo el 4% del mercado total de energías renovables en México (AIE, 2018). Hoy en día, es indispensable encontrar las alternativas más adecuadas para impulsar políticas públicas y obtener una ventaja absoluta.

En este trabajo, se va a analizar la situación actual, las perspectivas y las oportunidades de inversión para la energía solar. El análisis se centrará especialmente en los datos actuales proporcionados por la Secretaría de Energía (SENER, 2017) y en las proyecciones futuras de la energía solar para entender, analizar y liberar el gran potencial que existe en México.

### **¿Puede el aspecto económico coincidir con el aspecto ético de las personas?**

La forma en que vivimos, los lugares que visitamos, el aire que respiramos y todo lo que hacemos se ven afectados por los comportamientos de todos los seres humanos. ¿Qué significa esto? Que la forma de actuar de las personas es fundamental para la situación actual y la evolución futura de nuestra sociedad y lo más importante que todas las personas comparten cada día es el medio ambiente. Hoy en día, nuestro planeta está sufriendo mucho por la contaminación ambiental por lo que, pasar a una sociedad basada en una cultura sostenible debería ser la prioridad. En cierto sentido, es el lado ético de cada uno el que considera importante contribuir a esta importante causa. Sin embargo, la forma más "sencilla" de pasar a una "sociedad limpia" es invertir en energías renovables y la inversión necesaria para este tipo de transición suele ser enorme; para las familias, esto podría significar gastar una gran cantidad de sus ingresos para realizar este tipo de inversión.

Así pues, la pregunta es la siguiente: cuando la gente tiene que gastar una cantidad importante de dinero, por ejemplo, para equipos de energía renovable, ¿sigue considerando "atractivo" o prioritario este tipo de inversión? ¿Puede el aspecto económico coincidir con el aspecto ético de las personas y podríamos aceptar que las ventajas se limitan a menudo a las personas que pueden permitirse algunos gastos?

Para responder mejor a esta pregunta, una buena idea podría ser partir de un ejemplo. En el Reino Unido, la transición hacia el uso de tecnologías renovables ha sido bien apoyada por la economía. Varios usuarios de las energías limpias han tomado una decisión mezclando dos aspectos al mismo tiempo: el deseo de obtener la independencia energética y la voluntad de tomar una decisión basada en el respeto del medio ambiente que es, en otras palabras, una decisión medioambiental impulsada por la ética. Sin embargo, para otros usuarios, la transición a las nuevas energías limpias se ha visto impulsada únicamente por razones económicas, como la lucrativa incentivos gubernamentales destinados a permitir que los usuarios obtengan una importante rentabilidad económica por la instalación de sistemas limpios.

¿Por qué no se considera positivo actuar de forma ética y rentabilizar la inversión? La creación de inversiones destinadas al uso y desarrollo de sistemas de energía renovable podría considerarse realmente como algo positivo.

Pero, ¿qué ocurre cuando desaparece el incentivo económico? En este caso, la cuestión se traslada a la opinión personal del consumidor sobre la sostenibilidad y sobre las energías renovables. Es

precisamente a partir de este punto cuando esta cuestión puede convertirse en un problema. Antes hablábamos de la importante inversión que debe afrontar una persona para la transición de los combustibles fósiles a las renovables, que sigue siendo prohibitiva para muchas personas, incluso con las ventajas derivadas de los competitivos plazos de amortización de la financiación, que empiezan a acercarse a la vida útil de los equipos. En efecto, no se trata de una elección simple y fácil desde el punto de vista financiero, ni siquiera para las familias o empresas que tienen tanto los medios como el deseo de cambiar.

Confiamos en que la gente ya cree firmemente y tiene una visión ética y a largo plazo de que los combustibles fósiles son finitos y que tenemos que desarrollar sistemas para el futuro. Desgraciadamente, ésta no es la mejor manera de adoptar a gran escala las tecnologías renovables, por lo que debemos buscar un equilibrio entre la necesidad de seguridad energética a largo plazo y la simple economía de la asequibilidad. Para ello, hay que mezclar la financiación y los fundamentos, así que ¿cuál es la mejor manera de alcanzar la mezcla óptima?

Es importante que, al principio, la primera cuestión que se estudie sea la económica. Más tarde, podemos centrarnos en la cuestión ética. Como en cualquier mercado, también en este caso hay que persuadir a los consumidores de los beneficios de los costes o de las soluciones eficientes dispuestas a disminuir la perturbación de su estilo de vida. Por esta razón, lo primero que hay que hacer es mejorar la estrategia de inversión centrándose en el desarrollo de productos que sean rentables y ofrezcan el mejor rendimiento del dinero tanto en términos financieros como de uso. Un buen ejemplo puede ser la industria del automóvil. En muchos sentidos, la industria inmobiliaria debería inspirarse en la industria del automóvil, ya que los motores híbridos y eficientes se perciben ahora como algo normal dentro del mercado, por lo que los clientes adoptan una posición más respetuosa con el medio ambiente simplemente comprando un coche.

El sector privado debe considerar el desarrollo de la RSC (Responsabilidad Social Corporativa) y las prácticas éticas como el pilar principal de sus estrategias futuras. "La responsabilidad social de las empresas (RSE) es el compromiso de una empresa de gestionar los efectos sociales, medioambientales y económicos de sus operaciones de forma responsable y de acuerdo con las expectativas del público. Las actividades de RSC pueden incluir Políticas empresariales que insisten en trabajar con socios que siguen prácticas empresariales éticas".

El gobierno y el sector público deben tener una visión tanto económica como ética. Es importante que sigan líneas de actuación éticas porque crean el macroentorno a través de políticas e incentivos financieros. Deben elaborar una legislación que fomente la consideración de los fundamentos éticos de las energías renovables y, al mismo tiempo, ofrecer apoyo financiero a quienes adopten estas soluciones.

¿Hay una manera de aplicar la legislación y, al mismo tiempo, mantener las fuerzas del mercado? Teniendo en cuenta el ejemplo del Reino Unido, las normas se han establecido a través de la planificación y la regulación de la construcción. Los promotores y diseñadores trabajan siguiendo estos marcos y están acostumbrados a las exigencias cambiantes de la política y desarrollan el caso financiero en consecuencia.

## Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar

Para apoyar objetivos más estrictos, debería haber ayudas económicas para compensar los costes, con el objetivo principal de disminuir el coste inicial para el consumidor, de manera que las opciones sostenibles pudieran ser atractivas tanto en términos económicos como éticos. Para ello, las soluciones no tienen que estar relacionadas únicamente con la subvención en metálico, sino, por ejemplo, con la reducción de las contribuciones que se piden a los promotores inmobiliarios y a los inversores para las infraestructuras públicas, contribuyendo el gobierno a la brecha. Una asociación público-privada en el sentido real, más que un mecanismo de financiación. También la tecnología debe ser considerada un pilar en las cuestiones éticas. De hecho, la tecnología es transferible a nivel internacional y, al crear una economía de escala, también podemos apoyar a las naciones en desarrollo para que adopten las energías renovables.

La consideración más importante es que el argumento ético debe avanzar y pasar a formar parte de la mente de los consumidores que consideran la viabilidad energética a largo plazo de su propiedad como lo hacen con sus coches, y entienden que apoyan el desarrollo a largo plazo de una industria que garantizará la seguridad de la energía para las generaciones futuras mucho después de que nosotros, los pioneros, nos hayamos ido.

### Materiales y métodos

Para estudiar las perspectivas de la producción de energía por medio de la energía solar en los próximos años, es necesario hacer previsiones. La metodología que se va a utilizar para basar estas previsiones es el análisis de series temporales. Las previsiones estadísticas son un método muy utilizado en el análisis de series temporales para predecir una variable de respuesta para un periodo determinado (Minitab, 2019). El análisis de series temporales es una técnica estadística que considera datos de series temporales. Con datos de series de tiempo nos referimos a que los datos están en series de periodos de tiempo o intervalos particulares (Statistic Solutions, 2019).

El análisis utiliza datos de la Secretaría de Energía (SENER, 2017), que conduce la política energética en México para garantizar la alta calidad y el suministro competitivo de las fuentes de energía que se requieren en el país. Los datos que se van a analizar describen la producción de energía primaria. Con fuente de energía primaria nos referimos a toda aquella forma de energía disponible de forma natural antes de ser convertida o transformada. Este tipo de energía requiere posteriormente ser transformada en una fuente de energía secundaria para ser utilizada. Una de las formas más conocidas de consumo de energía es la electricidad (APPA, 2019). Las fuentes de energía primaria consideradas en la investigación son el carbón, el petróleo crudo, el gas condensado, el gas natural y la madera, la energía nuclear, el sol, el viento, la energía geotérmica, la energía hidroeléctrica, el biogás y la biomasa.

El análisis de series temporales tiene dos objetivos principales: 1) identificar la naturaleza del fenómeno representado por la secuencia de observaciones, y 2) predecir (pronosticar los valores futuros de la serie temporal variable de la serie) (Statsoft, 2019). Vamos a utilizar este método para lograr el segundo objetivo. Ambos objetivos requieren que se identifique el patrón de los datos de las series temporales observadas (Statsoft, 2019). Para ser más específicos, para esta previsión de series temporales, el modelo Autorregresivo ARp es el modelo que se utilizará, y este tipo de modelo se utiliza con frecuencia en las proyecciones económicas. ¿Por qué se llama modelo autorregresivo? La siguiente frase nos da una idea. "Un modelo autorregresivo relaciona una variable de serie temporal con sus valores pasados"

(Hanck et al., 2019). Por eso este modelo se llama autorregresivo. En este trabajo asumimos que el modelo autorregresivo no tiene rezagos, por lo que se considera de tipo 1. El número 1 representa el rezago en el tiempo. Para obtener un resultado más preciso de esta metodología, serán necesarias series estadísticas mensuales, tanto para la energía obtenida por el carbón como para la energía obtenida por la energía solar. El objetivo es que los datos sean mensuales para que las series temporales sean más eficaces en la previsión.

Las variables que se tienen en cuenta son la tasa de crecimiento de la energía producida por el carbono y la tasa de crecimiento de la energía producida por la energía solar. Como en un modelo autorregresivo la variable de interés depende linealmente de sus valores anteriores, se supone que el tiempo es fundamental. A partir de estos datos, se puede realizar un análisis de una serie temporal y hacer una previsión. Se va a medir la estacionalidad, las tendencias y el ciclo. Por estacionalidad se entienden las fluctuaciones periódicas. Por ejemplo, las ventas al por menor van a aumentar durante el periodo navideño y van a caer después de las vacaciones. Por lo tanto, las series temporales de las ventas al por menor mostrarán normalmente unas ventas crecientes de septiembre a diciembre y unas ventas decrecientes en enero y febrero. La estacionalidad es habitual en las series temporales económicas. Si la estacionalidad está presente, debe incorporarse al modelo de series temporales (Allen, 2019).

**Tabla 1. Variables y datos**

<i>Variables</i>	<i>Datos</i>
Y_α= Energía del carbón Mwts/hora(meses) Ene 2013-Dic 2017 (INEGI, 2019)	Y_α= Energía del carbón Mwts/hora(meses) Ene 2013-Dic 2017 (INEGI, 2019)
Y_γ= Energía solar Mwts/hora(meses) Ene 2013-Dic 2017 (INEGI, 2019)	Y_γ= Energía solar Mwts/hora(meses) Ene 2013-Dic 2017 (INEGI, 2019)
X_α= Tiempo con respecto a Y_α Ene 2013-Dic 2017	X_α= Tiempo con respecto a Y_α Ene 2013-Dic 2017
X_γ= Tiempo con respecto a Y_γ Ene 2013-Dic 2017	X_γ= Tiempo con respecto a Y_γ Ene 2013-Dic 2017

Fuente: Elaboración propia

Nuestro modelo de series temporales está compuesto por la tendencia, el ciclo, la estacionalidad y las variaciones irregulares, como se muestra en la ecuación (1).

$$Y_t = (Tt * Ct * St) + \varepsilon$$

donde Tt es la tendencia, Ct es el ciclo, St es la estacionalidad y Tt se compone como se muestra en la ecuación (2):

$$Tt = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$$

## Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar

donde  $\beta_0$  es el intercepto de la ecuación,  $\beta_1$  es el coeficiente de la variable respecto al tiempo  $X_1$  es el tiempo respecto a la variable propia y  $\varepsilon$  es el error.

En este análisis, suponemos la ausencia de variaciones irregulares (elementos no dependientes de las tres variables) y vamos a construir dos modelos autorregresivos. El primero es el modelo autorregresivo AR1  $\alpha$ , que se va a ajustar con un segundo AR1  $\beta$ . El segundo modelo se obtiene a partir de las series mensuales relacionadas con la fuente de carbono. El modelo nos va a sugerir que la producción de energía a partir de la energía solar va a aumentar y va a predecir hasta cuando va a parar este crecimiento. El ajuste del modelo AR1  $\alpha$  con AR1  $\beta$  es útil para observar los cambios marginales. "Un cambio marginal es una adición o sustracción proporcionalmente muy pequeña a la cantidad total de alguna variable" (Johnson, 2019). El principal resultado que queremos averiguar es el cambio marginal con respecto al tiempo  $t$ .

### Resultados

Para describir los principales resultados y objetivos alcanzados en esta investigación, es importante describir todos los pasos que hemos seguido. El análisis de la situación actual fue el primer paso y el más importante. Los datos que se tomaron en consideración procedían del "Sistema de Información Energética" y representaban la "producción bruta de energía por tecnología". Nos centramos en la energía producida por las dos fuentes relevantes para nuestra investigación, el carbón y la energía solar, y consideramos 60 períodos (datos mensuales para el período que va de enero de 2013 a diciembre de 2017).

En la Figura 5, la línea azul representa la tasa de crecimiento de la producción de energía primaria a partir de la energía solar y la línea roja representa la tasa de crecimiento de la producción de energía primaria a partir del carbono (SENER, 2017). La tasa de crecimiento de la producción de energía solar aumentó más que la tasa de crecimiento de la producción a partir del carbono aunque en el año 2005 hubo una caída importante de la tasa de crecimiento de la producción de energía a partir de la energía solar.

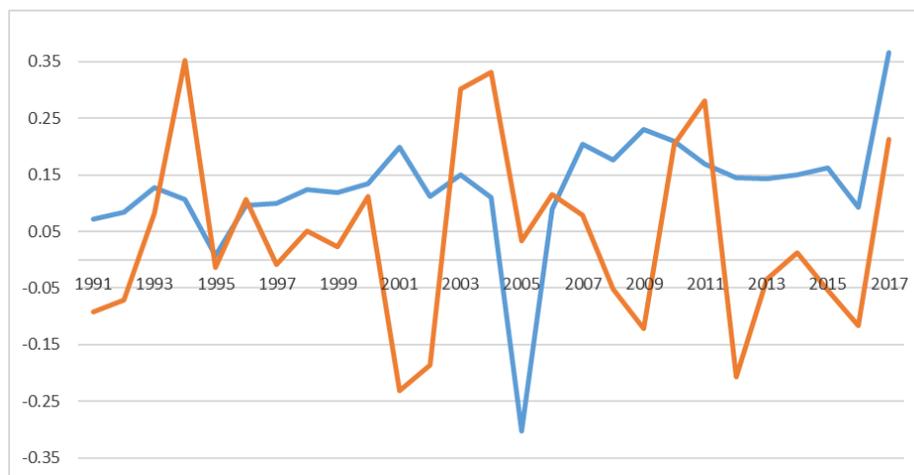


Figure 5: Growth Rate. National Primary Energy, 1991-2017. Energy Information System. Secretaría de Energía - Dirección General de Planeación e Información Energéticas.

Tanto para el carbono como para la energía solar, los datos se han ordenado por meses y se ha obtenido la media aritmética para cada año (desde 2013 hasta 2017). El cálculo de la media aritmética ha sido necesario para obtener el índice estacional, útil para obtener la serie desestacionalizada. El ajuste estacional era necesario para eliminar el componente estacional de nuestra serie temporal y el objetivo era obtener datos comparables entre los distintos meses. Todos los pasos descritos hasta ahora fueron necesarios para obtener datos para construir el modelo autorregresivo que considera dos momentos relevantes para nuestra investigación: la situación actual y las predicciones futuras. Partiendo del análisis de la producción que obtuvimos para la energía producida por el carbón, podemos encontrar que la producción de energía tiene una pendiente positiva, como se representa en la ecuación (3).

$$T_{\alpha} = 1,193,512.21 + 31,132.55X_1 + \varepsilon$$

$$p = 0.00; \quad R^2 = 0.58$$

donde  $p=0,00$  representa la significación estadística del modelo. Significa que la fiabilidad de este modelo es del 99%. En otras palabras, este modelo es robusto, predecible y tiene un alto nivel de fiabilidad.  $R^2$  es el coeficiente de determinación que se utiliza en el análisis estadístico para evaluar la eficacia de un modelo para explicar y predecir los resultados futuros. Esto significa que la energía producida por la fuente de carbono aumenta con el tiempo (signo positivo) y crece en 31.132,55 megavatios/hora cada mes. El nivel de ajuste del modelo ( $R^2$ ) es del 58%. La ecuación (4) representa la serie temporal relativa a la producción de energía a partir de la fuente de carbono.

$$Y_{\alpha} = (1,193,512.21 + 31,132.55X_1) * Ct * St$$

El análisis de la producción de energía por parte de la fuente solar también nos da una visión importante, representada por las ecuaciones (5) y (6):

$$T_{\beta} = 1,129.92 - 3.28 X_1 + \varepsilon \tag{5}$$

$$p = 0.00; \quad R^2 = 0.37$$

$$Y_{\beta} = (1129,92 - 3,28) * Ct * St \tag{6}$$

La producción de energía por parte de la energía solar tiene una pendiente negativa con una disminución de 3,28 megavatios/hora cada mes. El nivel de ajuste del modelo es del 37%, que es bastante bajo si lo comparamos con el valor ideal  $> 0,5$  (50%). Este valor bajo se debe a que esta serie temporal tuvo muchas variaciones, por lo que no se ajusta al modelo como en el primer caso (fuente de carbono). Para explicarlo mejor, un  $R^2$  alto significa que los datos están muy ajustados a la línea que salió de nuestros datos.  $R^2$  es bajo porque tenemos un tamaño pequeño de la serie temporal, cuanto más datos históricos tengamos, mayor será  $R^2$ . Si los datos no se ajustan a la línea, como en el segundo caso (el 37% de los

## Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar

datos se ajustan al modelo), necesitamos una Prueba de Hipótesis. Se trata de un medio para verificar si los datos son estadísticamente significativos, similares o diferentes a un valor específico. Indica cómo funciona el modelo en términos generales. Para validar un modelo, debemos tener en cuenta la prueba de hipótesis F descrita en la ecuación (7). Normalmente, un valor  $F > 10$  es un valor aceptable.

$$F = \frac{N1 * S1^2 / (N1 - 1) * \sigma1^2}{N2 * S2^2 / (N2 - 1) * \sigma2^2}$$

donde  $N1$ : N de datos muestrales 1,  $S1^2$ : varianza muestral del grupo 1,  $\sigma1^2$ : varianza del grupo 1,  $N2$ : N de datos muestrales 2,  $S2^2$ : varianza muestral del grupo 2,  $\sigma2^2$ : varianza del grupo 2.

A partir de la Prueba de Hipótesis F, obtenemos los resultados mostrados en la Tabla 2.

**Tabla 2: Resultados de la prueba de hipótesis F**

Modelo	Resultado ( $F_{value}$ )
$Y_\alpha$	81.46
$Y_\beta$	34.84

En cuanto a las previsiones, la Figura 6 y la Figura 7 representan los valores futuros relativos a la producción de energía tanto de la energía solar como del carbón. Estos resultados provienen de las dos ecuaciones (4) y (6) vistas anteriormente.

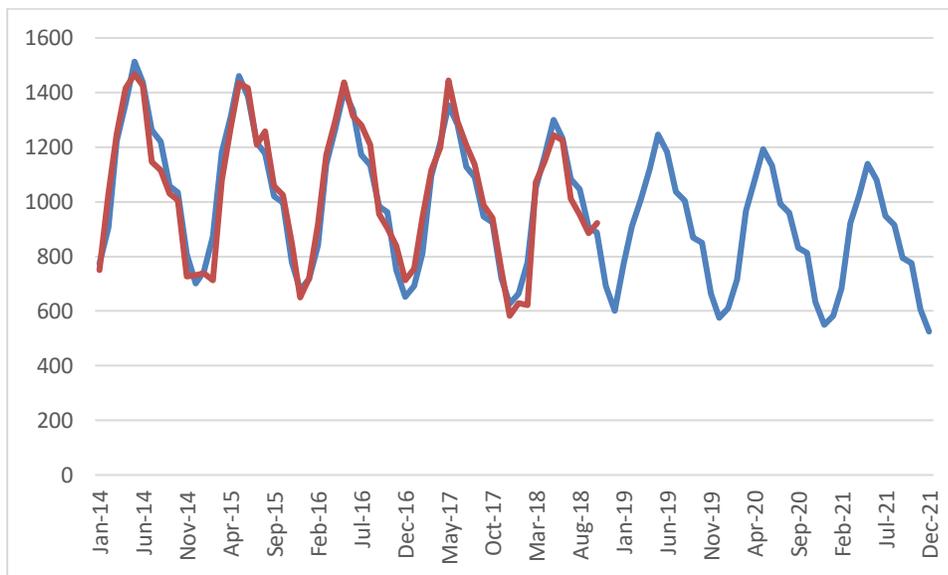


Figura 6: Producción de energía a partir de la energía solar. Datos reales y proyecciones.

En la Figura 6, referida a la producción de energía a partir de la energía solar, se pueden ver tanto las tendencias reales como las futuras. La línea roja representa los datos originales del "Sistema de Información Energética" y la línea azul representa nuestra serie temporal que se refiere a la producción de energía a partir de la energía solar para 94 periodos. Estos 94 periodos representan los 94 meses incluidos en el periodo que va de enero de 2014 a diciembre de 2020, en base mensual. En el eje Y, los valores se expresan en megavatios/hora y representan la producción de energía.

Por lo tanto, Ceteris Paribus, en base a nuestras proyecciones, a largo plazo la producción de energía a partir de la energía solar va a mostrar una tendencia decreciente con picos y caídas crecientes y decrecientes. Estos resultados pueden ser preocupantes teniendo en cuenta que estamos hablando de una fuente de energía renovable que está frenando su crecimiento. Con la información de la que disponemos actualmente, parece imposible establecer cuáles son las causas del descenso previsto. Puede depender de la falta de políticas gubernamentales destinadas a invertir en energía solar o del aumento del coste de la producción de la energía a partir de la energía solar. Pero estas son sólo suposiciones. Las dos líneas resultan ser muy cercanas debido al nivel de ajuste de nuestro modelo de series temporales de alrededor del 93%. La figura 7 muestra la producción de energía a partir de la fuente de carbono, teniendo en cuenta 94 períodos (94 meses), desde enero de 2013 hasta diciembre de 2020.

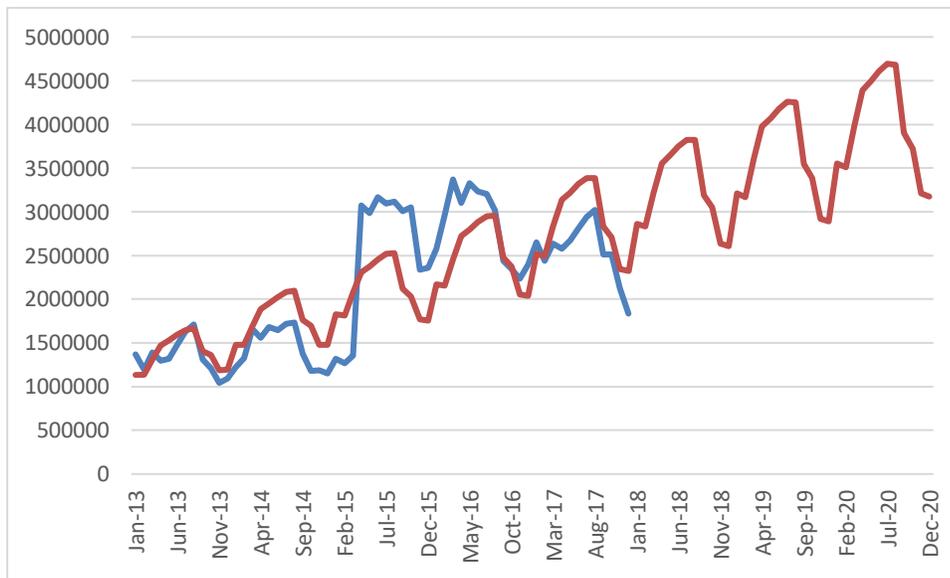


Figura 7. Producción de energía a partir de la fuente de carbono. Datos reales y proyecciones.

La línea azul representa la producción de energía hasta diciembre de 2017 y la línea roja representa nuestro modelo de series temporales que incluye previsiones hasta diciembre de 2020. Ceteris Paribus,

## Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar

la producción de energía a partir de la fuente de carbono a largo plazo va a aumentar con picos y caídas durante el periodo considerado. Las dos líneas no están tan cerca como en la Figura 6 debido a un nivel de ajuste más bajo de nuestro modelo de series temporales, que se sitúa en torno al 66%. El crecimiento de la producción de energía a partir del carbón en los próximos años puede dejar lugar a dudas porque el carbón no es una fuente de energía renovable. Invertir en este tipo de energía podría ser contraproducente para el país y el planeta en general.

El modelo de previsión y la validación de este modelo se ha realizado a través de una regresión del valor real con el valor proyectado/previsto, teniendo en cuenta los valores de  $R^2$ . Estos valores nos sugieren cuánto se ajustan nuestros datos a la realidad.

Dado:

$$Y1 = B0 + B1(x1)$$

donde Y1:Previsión y x1:Real.

Los niveles de ajuste de 0,93 y 0,66 significan que los dos modelos se validan respectivamente en un 93% y un 66%. En otras palabras, los dos modelos son altamente predictivos, especialmente en el primer caso y, por esta razón, podemos deducir que nuestros modelos son bastante fiables.

### Discusión

La primera gran cuestión a discutir es la diferente tendencia de la producción de energía por parte de las energías renovables entre México y la media mundial, a partir de los datos iniciales que tenemos. De hecho, el consumo de energía renovable (que incluye la energía solar) ha aumentado desde 1990 alrededor del 1% hasta la actualidad a escala mundial (Banco Mundial, 2019). No se puede decir lo mismo para México: encontramos que, por el contrario, la producción de energía por parte de la energía solar tiene una pendiente negativa con una disminución de 3.28 Megawatts/hora cada mes. Además, en base a nuestras proyecciones, la producción de energía por energía solar va a mostrar una tendencia decreciente en los próximos años y estos resultados pueden ser preocupantes teniendo en cuenta que estamos hablando de una fuente de energía renovable que está frenando su crecimiento ante un modelo de desarrollo cada vez más agotado (Jiménez-Bandala, 2020).

Según los datos iniciales que tenemos, se espera que el sector de las FER en todo el mundo siga creciendo en el futuro, con un desarrollo particular del sector de la energía solar y eólica. En concreto, se espera que la capacidad renovable aumente y el crecimiento sea de alrededor del 46% en el periodo de 2018 a 2023. El peso de la energía solar fotovoltaica en este aumento supera el 50%, gracias a las políticas gubernamentales de apoyo y a las mejoras del mercado en la mayor parte de la región. La energía solar fotovoltaica será el motor del crecimiento de la capacidad renovable en los próximos seis años. Es importante considerar que estos resultados son la media mundial y que algunos países aún presentan tendencias decrecientes, como es el caso de México.

Los resultados expuestos anteriormente, calculados a escala mundial, contrastan con los resultados obtenidos en esta investigación que sólo se refiere a México. En México, el uso de la fuente de carbono para la producción de energía va a aumentar en los próximos años y esto es cuestionable porque el carbono no es una fuente de energía renovable y podría afectar la salud del planeta y del país en general.

La dependencia de energías no renovables es un problema histórico en México, es decir, se debe a situaciones estructurales de su condición de país periférico (Jiménez-Bandala, 2018). La creciente dependencia de los combustibles fósiles es un gran problema porque ya en 2007 las reservas nacionales de hidrocarburos resultaban suficientes para soportar la producción anual de petróleo y gas sólo para 9.6 y 8.9 años respectivamente (Aleman-Nava et al., 2014).

Además, nuestros resultados afirman que la tendencia a la baja de las Energías Renovables en los próximos años en México encuentra apoyo en el último estudio de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) "Renewable 2019: analysis and projections to 2024". En este estudio, la AIE redujo el ritmo de expansión de las energías renovables en México en alrededor de cuatro por ciento para 2024 debido a la suspensión de las subastas de largo plazo que durante el sexenio pasado permitieron el crecimiento de las plantas solares y eólicas. El nuevo gobierno suspendió las subastas de certificados de energía limpia (CEL) en 2019 para revisarlas. En consecuencia, la capacidad solar y eólica se expandirá más lentamente en 2021 y 2022, según el último estudio de la AIE. La administración de Andrés Manuel López Obrador decidió suspender las subastas por la necesidad de revisar los mecanismos que durante el sexenio pasado habían permitido comprometer cerca de 8,600 millones de dólares de las tres subastas de largo plazo, principalmente solar y eólica. La Agencia espera que las licitaciones se retomen en 2021, para que el crecimiento repunte entre 2023 y 2024. Pero el avance de las energías renovables podría acelerarse si el Gobierno deja claras sus políticas al año siguiente, y podría expandirse hasta un 21% cada año, según la AIE. Las subastas de la administración anterior permitirán hasta 2021 continuar con la instalación de nueva capacidad de energía solar y eólica en México, pero, debido a este freno, las expectativas de la AIE son de un crecimiento del 12,3% entre 2019 y 2024 frente al 16% previsto en el informe del año pasado que abarcaba de 2018 a 2023 (Sigler, 2019).

La suspensión de las subastas a largo plazo tuvo un fuerte impacto en la tendencia del uso de las Energías Renovables en México que está disminuyendo a pesar de la Ley para el Desarrollo de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), promulgada en 2008. A partir de esta Ley, México debería ser capaz de definir y regular el uso de las Energías Renovables para producir energía y promulgar algunos instrumentos como un Programa Especial, una Estrategia de Transición Energética y un Fondo de Transición Energética, entre otros. En la reforma de 2011 también encontramos información sobre las metas máximas de generación fósil en la mezcla total de energía para el año 2024, 2035 y 2050. Los objetivos energéticos son los siguientes 65% de generación fósil para 2024; 60% para 2035 y 50% para 2050. Finalmente, esta ley dice que la Secretaría de Energía debe desarrollar un Inventario Nacional de Energías Renovables para proporcionar información confiable sobre los recursos energéticos renovables en México (AIE, 2008).

¿Qué soluciones se han aplicado ya para impulsar el uso de las energías renovables a largo plazo? La situación actual se caracteriza por la presencia del "Fondo de Garantía CSolar". Se trata de un fondo cuyo objetivo es garantizar la consecución de los objetivos del "Programa Especial para Transición Energética (PETE)". Uno de los objetivos es: aumentar la capacidad instalada y la generación eléctrica con energías limpias. Con este programa se atiende una de las líneas más importantes del PETE: facilitar el acceso a la generación solar distribuida mediante sistemas de garantía de financiación. De hecho, el Fondo proporciona un mecanismo de apoyo financiero temporal con el objetivo de superar las principales barreras de financiación a las que se enfrenta el sector de la generación solar distribuida

## Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar

fotovoltaica. Este apoyo consiste principalmente en una Garantía de Crédito parcial, ubicada en Nacional Financiera y vinculada a la cartera de créditos de los sistemas solares fotovoltaicos interconectados, de las instituciones financieras locales.

Los Certificados de Energía Limpia (CEL) son un instrumento para promover nuevos proyectos de inversión en la generación de energía eléctrica que fomenten el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional y la diversificación del mix energético impulsando la reducción de emisiones contaminantes. A partir de 2018, los usuarios intensivos de electricidad tienen que demostrar que el 5% de su consumo de electricidad proviene de fuentes limpias. Así, podemos entender los CEL como instrumentos financieros a través de los cuales se promueve el uso de energías limpias, se diversifica la matriz energética y se compite con las energías limpias y las convencionales. Esta validación es controlada por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) que, en caso de incumplimiento, puede imponer multas que van de 6 a 50 salarios mínimos por cada CEL no adquirido. Por lo tanto, la oferta y demanda de CEL no es sólo un acuerdo, sino un requisito indispensable para la operación del MEM (Mercado Eléctrico Mayorista). La obligación de pago de CEL es para todos (uso doméstico, industrias, comercios, gobiernos, etc.) y es indistinto al origen del suministro, es decir, están igualmente obligados quienes consumen energía renovable y/o convencional. La obligación para este año se ha establecido en el 5% del total de la energía consumida durante el año. Esta obligación se incrementa cada año: para 2019 el porcentaje aumentará al 5,8% y seguirá subiendo año a año. Para 2021, al 10,9%; y en 2022 el mínimo exigido será del 13,9% (ENEL, 2019).

Otra política ya implementada se basa en el uso del FOTEASE (Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía). El FOTEASE es un instrumento de política pública de la Secretaría de Energía cuyo objetivo es ejecutar acciones que den una contribución al cumplimiento de la Estrategia Nacional de Energía Transición y Uso Sustentable de la Energía, promoviendo el uso e inversión de energías renovables y eficiencia energética. Gracias al FOTEASE, es posible promover, fomentar y difundir el uso y aplicación de tecnologías limpias en todas las actividades productivas y de uso doméstico, comercial, industrial y agropecuario; promover la diversificación de las fuentes de energía primaria, incrementando la oferta de fuentes de energía renovables.

Los Fondos que la Administración Pública Federal destine para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía tendrán por objeto captar y canalizar recursos financieros públicos y privados, nacionales o internacionales, para implementar acciones que contribuyan al cumplimiento de la Estrategia y Apoyar programas y proyectos que diversifiquen y enriquezcan las opciones para el cumplimiento de las Metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética (SEMARNAT, 2015).

Desde nuestro punto de vista, una de las cosas que se podría hacer es concientizar sobre la importancia del uso de las Energías Renovables y sobre el hecho de que se pueden utilizar algunas herramientas y políticas importantes por parte de los ciudadanos para invertir en tecnologías de energías renovables como los paneles solares para uso doméstico (Islas & Ubaldo, 2001). Por ejemplo, los instrumentos antes mencionados como la CEL y el FOTEASE son un buen ejemplo de cómo es posible promover el uso de energías limpias y cómo invertir en ellas. De la misma manera, también se debe alentar a las empresas privadas a invertir en este tipo de tecnologías. Además, las becas de investigación pueden tener un buen impacto en los avances tecnológicos y los incentivos fiscales podrían ser una herramienta fundamental

a nivel local, por ejemplo, impulsando el desarrollo de habilidades para el desarrollo de proyectos, la construcción o la instalación.

## Conclusión

México tiene la gran ventaja de estar situado en un lugar geográfico que puede beneficiarse de la producción de energía utilizando la luz solar. Sin embargo, el problema en México es que el enorme potencial de generación de energía a partir de la luz solar no se aprovecha al máximo. No utilizar las energías renovables (como la energía solar) representa un problema para varios problemas graves relacionados con la salud de los seres humanos y del planeta, que están aumentando rápidamente. Por ello, es necesario empezar a utilizar las energías renovables a mayor escala.

Esta investigación analizó el consumo de energías renovables (incluyendo la energía solar) para México y a escala mundial. A nivel mundial, el consumo global de las energías renovables ha aumentado y las proyecciones futuras indican una tendencia al alza. De hecho, según la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2018), se espera que la capacidad renovable aumente en más de 1 TW (Terawatt), lo que se traduce en un crecimiento del 46% en el periodo de 2018 a 2023. Y, lo más relevante para esta investigación es que el peso de la PV (Solar Fotovoltaica) en esta expansión representa más del 50%, gracias a las políticas gubernamentales de apoyo y a las mejoras del mercado a través de diferentes regiones.

Por el contrario, a pesar de que México implementó la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 (Secretaría de Energía, 2015) que debería conducir a un mayor uso de fuentes renovables para 2024, nuestros resultados muestran una creciente dependencia de los combustibles fósiles en el futuro. Esta dependencia de los combustibles fósiles se produce a expensas de la fuente de energía solar que muestran una tendencia decreciente en los próximos años. Estos resultados son preocupantes si tenemos en cuenta dos factores: el hecho de que México podría tener una gran ventaja debido a su ubicación geográfica y el hecho de que la tendencia mundial va en la dirección opuesta (y correcta). Además, los resultados obtenidos son una clara señal de que hay que hacer algo para promover las inversiones en energía solar.

Entonces, ¿cuáles son los retos y qué hay que hacer para cambiar por completo la tendencia del uso de las dos fuentes consideradas, en los próximos años? Una acción importante que hay que llevar a cabo es la de romper las barreras a la implantación de la energía solar. Por ejemplo, crear nuevas políticas coherentes basadas en las ya existentes, reducir los procesos regulatorios y de permisos restrictivos y lentos, seguir invirtiendo en políticas para reducir el mayor coste de las tecnologías solares, especialmente en relación con las subvenciones a los combustibles fósiles, etc.

## Referencias

Alemán-Nava, G. S., Casiano-Flores, V.H., Cárdenas-Chávez, D. L., Díaz-Chavez, R., Scarlat, N., Mahlkecht, J., Dallemand, J. F. and Parra, R. (2014) Renewable energy research progress in

## Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar

- Mexico: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32: 140 - 153.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.004>
- Allen, T.A. (2019), Information Technology Laboratory, NIST, [online], available at: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmc/section4/pmc443.html> [3 Oct 2019].
- APPA. (n.d.). “Energía primaria y producción eléctrica”, APPA, [online], available at: <https://www.appa.es/la-energia-en-espana/energia-primaria-y-produccion-electrica/> [3 Oct 2019].
- Charters, W.W.S. (2001) Developing markets for renewable energy technologies. *Renewable Energy*; 22 (1-3): 217–222. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00018-5)
- Dincer I. (1999) Environmental impacts of energy. *Energy Policy*; 27(14): (845–854).  
[https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(99\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(99)00068-3)
- ENEL, (2019) “Todo lo que tienes que saber sobre Certificados de Energía Limpia (CEL)”, [online], available at: [https://www.enel.mx/es/media-center/news/Todo\\_lo\\_que\\_tienes\\_que\\_saber\\_sobre\\_Certificados\\_de\\_Energia\\_Limpia\\_CEL](https://www.enel.mx/es/media-center/news/Todo_lo_que_tienes_que_saber_sobre_Certificados_de_Energia_Limpia_CEL) [25 November].
- Fridleifsson IB. (2011) Geothermal energy for the benefit of the people. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 5: 299–312.  
[https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGStandard/ISS/2001Romania/fridleifsson\\_benefit.pdf](https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGStandard/ISS/2001Romania/fridleifsson_benefit.pdf)
- Hanck, C., Arnold, M., Gerber, A. and Schmelzer, M. (2019), “Introduction to Econometrics with R”, 14.3 Autoregressions, [online], available at: <https://www.econometrics-with-r.org/14-3-autoregressions.html> [3 Oct 2019].
- IEA (2008). “Law for the Development of Renewable Energy and Energy Transition Financing (LAFARTE)”, [online], available at: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/mexico/name-24706-en.php> [25 November 2019].
- Islas, J.; Manzini, F. & Masera, O. (2007) A prospective study of bioenergy use un Mexico, *Energy*, 32(12): 2306-2320, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.07.012>.
- Islas, J. & Ubaldo, J. (2001) The financing of the Mexican electrical sector, *Energy Policy*, 29(12): 965-973, [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00030-1).
- Jiménez-Bandala, C. (2018) Development in Southern Mexico: Empirical Verification of the “Seven Erroneous Theses about Latin America”, *Latin American Perspectives*, 45(2): 129-141, <https://doi.org/10.1177/0094582X17736036>.
- Jiménez-Bandala, C. (2020) Desigualdad y pobreza: El agotamiento del desarrollismo y el derecho a la prosperidad sustentable, en Apaez, O. y Bernal, R. (coord.) *Dimensiones de la Desigualdad en México*, México: Contraste-UAT-La Salle.

- Johnson, P.M. (n.d.). A Glossary of Political Economy Terms, Marginal Analysis: A Glossary of Political Economy Terms - Dr. Paul M. Johnson, [online], available at: [http://webhome.auburn.edu/~johnspm/gloss/marginal\\_analysis.phtml](http://webhome.auburn.edu/~johnspm/gloss/marginal_analysis.phtml) [3 Oct 2019].
- Kalogirou, S. (2004) Solar thermal collectors and applications. *Progress Energy Combust Sci*, 30:231–95. <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2004.02.001>
- Matsumoto, Y.; Urbano, A.; Martínez, A. & Asomoza, R. (1994) Renewable energy application progress in Mexico, *Renewable Energy*, 5(1-4): 330-332, [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(94\)90391-3](https://doi.org/10.1016/0960-1481(94)90391-3)
- Minitab. (n.d.). Pronósticos con análisis de series de tiempo, Minitab, [online], available at: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/time-series/supporting-topics/basics/forecasting/> [3 Oct 2019].
- REN21 (2013) Renewables 2013 - Global Status Report 2013, [online], available: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2013\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2013_Full-Report_English.pdf) [18 Sep 2019].
- REN21 (2018) Renewables 2018 - Global Status Report 2018, [online], available: <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/08/Full-Report-2018.pdf> [18 Sep 2019]
- Resch, G., Held, A., Faber, T., Panzer, C., Toro, F. and Haas, R. (2008) Potentials and prospects for renewable energies at global scale. *Energy Policy* 36 (11): 4048–4056. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.029>
- Romero-Hernandez, S., Rodriguez-Granada, B., Romero-Hernandez, O. and Wood, D. (2012) Solar Energy Potential in Mexico's Northern Border States July 2012, [online], available: [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Border\\_Solar\\_Romero.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Border_Solar_Romero.pdf) [19 Sep 2019].
- Rosas-Flores, J.; Rosas-Flores, D. & Fernández Zayas, J. (2016) Potential energy saving in urban and rural households of Mexico by use of solar water heaters, using geographical information system, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53: 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.202>
- Ruiz-Mendoza, B. J. & Sheimbaum-Pardo, C. (2010) Electricity sector reforms in four Latin-American countries and their impact on carbon dioxide emissions and renewable energy, *Energy Policy*, 38(11): 6755-6766, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.046>
- Santoyo-Castelazo, E.; Satmford, L. & Azapagic, A. (2014) Environmental implications of decarbonising electricity supply in large economies. The case of Mexico, *Energy Conversion and Management*, 85: 272-291. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.05.051>
- Secretaría de Energía (2015), Estrategia Nacional de Energía, [online], available at: <https://www.gob.mx/sener/documentos/estrategia-nacional-de-energia> [25 November 2019]
- Secretaría de Energía (2016). “Presentación del Fondo CSolar”, [online], available at: <https://www.gob.mx/sener/articulos/presentacion-del-fondo-csolar?idiom=es> [25 November 2019]

## **Energías limpias en México: proyecciones para la energía solar**

Sígler, E. (2019), “La Agencia de Energía dice que las renovables se están frenando en México”, [online], available at: <https://expansion.mx/empresas/2019/10/23/eu-ve-incertidumbre-las-renovables-mexico-fin-licitaciones> [25 November 2019].

SEMARNAT (2015), Guía de Programas de Fomento a la generación de energía con Recursos Renovables, [online], available at: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/47854/Guia\\_de\\_programas\\_de\\_fomento.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/47854/Guia_de_programas_de_fomento.pdf) [25 November 2019].

Statistic Solutions. (n.d.). Time Series Analysis, Statistics Solutions, [online], available at: <https://www.statisticssolutions.com/time-series-analysis/> [3 Oct 2019].

Statsoft. (n.d.). How To Identify Patterns in Time Series Data: Time Series Analysis, Statsoft, [online], available at: <http://www.statsoft.com/textbook/time-series-analysis> [3 Oct 2019].