



DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3310

Primeras acciones para el uso de energías limpias en Tlaxcala, México. Ventajas y desventajas.

Edith Hernández Benítez

edith.hernandezb@coltlax.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9254-1573>

Alejandro Martínez Sánchez

alejandro.martinezs@coltlax.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9851-009X>

Daniel Hernández Hernández

daniel.hh@coltlax.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0913-238X>

Resumen

La energía es fundamental para el sistema de la naturaleza, donde el subsistema de la economía converge en sus procesos por medio de entradas y salidas de materia. Mantener un balance energético es el actual enfoque de la economía ecológica, donde se plantea la transición a energías limpias para lograr el equilibrio entre la actividad económica y el medio ambiente. Los gobiernos han puesto como objetivo global la inversión en energías renovables, en Tlaxcala por medio de inversión privada se ha iniciado con tal proceso con la instalación de plantas fotovoltaicas, el proyecto “Macroparque la Magdalena II”.

Palabras clave: Energías renovables; economía ecológica: bioeconomía; entropía; sustentabilidad.

Correspondencia: edith.hernandezb@coltlax.edu.mx

Artículo recibido: 10 agosto 2022. Aceptado para publicación: 10 septiembre 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Como citar: Hernández Benítez, E., Martínez Sánchez, A., & Hernández Hernández, D. (2022). Primeras acciones para el uso de energías limpias en Tlaxcala, México. Ventajas y desventajas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 3158-3178. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3310

First actions for the use of clean energies in Tlaxcala, México. Advantages and disadvantages.

Abstract

Energy is fundamental to the system of nature, where the subsystem of the economy converges in its processes through inputs and outputs of matter. Maintaining an energy balance is the current approach to ecological economics, where the transition to clean energy is proposed to achieve a balance between economic activity and the environment. The governments have set investment in renewable energy as a global objective, in Tlaxcala through private investment this process has begun through the installation of photovoltaic plants with the “Macroparque la Magdalena II”.

Keywords: Renewable energy; ecological economy; bioeconomy; entropy; sustainability.

Introducción

El proceso de transición energética es reconocido a partir del 2013 en México, año en que se formulan las políticas públicas encausadas a organizar y orientar el futuro del sistema energético nacional, regional y local, en vinculación con el contexto mundial. El propósito principal ha sido realizar acciones conjuntas entre el sector público y las empresas del sector energético con una visión de largo plazo, a fin de alcanzar una complementariedad en el marco de la transición energética a diferentes escalas.

El presente ensayo tiene como objetivo mostrar la preeminencia, ventajas y desventajas en el aspecto económico y ambiental como efecto de la instalación de una planta solar en territorio tradicionalmente dedicado a la actividad agrícola, teniendo como caso de estudio las áreas agrícolas de la región poniente del estado de Tlaxcala, México.

Se dispone de información empírica de un proyecto de inversión de energía fotovoltaica en el estado de Tlaxcala, específicamente en los parques de energía solar establecidos en el municipio de Hueyotlipan, donde aún con las energías renovables se presenta una mayor demanda de recursos renovables y no renovables, debido al crecimiento poblacional que acentúa el consumo energético.

El abordaje teórico en que se sustenta nuestro análisis está basado en los principios de la economía ecológica y del desarrollo sustentable, pues resulta de gran relevancia incorporar esta perspectiva teórica para el diseño y generación de políticas públicas energéticas, lo que significa proponer métodos de aprovechamiento sostenible de los recursos para preservar la vida en el planeta.

Planteamiento del problema

Las principales fuentes de energía para la producción industrial han sido históricamente, el carbón, petróleo, gas natural y recientemente se ha impulsado la producción de energías sustentables; por ejemplo, hasta el 2009 el uso de estas energías representaba el 0.8%, por lo que los energéticos provenientes de fósiles continúan siendo la energía de mayor consumo. En las economías del mundo, dada su diversidad, existe una relación notable entre el ingreso de las personas y el consumo de energéticos; la población de Estados Unidos, por ejemplo, consume una mayor cantidad de energéticos por persona que en los países subdesarrollados, es decir, que el uso de la energía está asociado al ingreso per cápita.

Respecto a la productividad energética agrícola en los últimos años ha presentado una baja ocasionada por la modernización de esta actividad por medio del uso exhaustivo de insumos químicos y de un alto nivel de mecanización del campo, con lo cual aumenta el consumo de energía debido a que el mercado para mantener ciertos grados de competitividad requiere mayores rendimientos por unidad de producción. Ante esta situación de uso exhaustivo de materiales y extracción indiscriminada de recursos naturales, se propone desde la perspectiva de la economía ecológica, la desmaterialización económica, la cual consiste en reducir el uso de insumos para incrementar la productividad, esto permitiría a las economías operar con procesos sustentables. En congruencia con ello, es necesario establecer políticas, medidas o programas encaminados al desarrollo sostenible para un futuro bajo en carbono, con energías limpias con las cuales se beneficie a las zonas urbanas y a las comunidades con mayor rezago socioeconómico, siendo indispensable la participación social, por medio de programas que fomenten el acceso universal a la energía, la eficiencia energética y el empoderamiento de los consumidores, con lo cual se podrán focalizar acciones para reducir las desigualdades en el ámbito rural y urbano.

Referente teórico

La generación de satisfactores y su distribución se desarrolla por medio de un constante intercambio de bienes y servicios, lo que implícitamente lleva a su vez, un intercambio de emisiones diversas generadas por la producción, lo cual genera una responsabilidad tanto para los productores como para los consumidores, y es ahí, donde se debe determinar quién absorberá los costos finales por emisiones y desechos ambientales.

Economía Ecológica

El sustento teórico, cómo se indicó más arriba, para nuestro análisis son los postulados básicos de la economía ecológica (EE), la cual parte en primer lugar, de una crítica a la teoría económica neoclásica, particularmente a la llamada síntesis neoclásico-keynesiana relacionada con el concepto de sistema cerrado aplicado a la actividad económica, por lo cual la EE parte de un sistema abierto donde el *in-put* son insumos de energía solar y el *out-put* son residuos materiales.

En segundo lugar, se centra en la relación precio-materia dónde los recursos no renovables no presentarían un retorno, asimismo existen actividades económicas que no se encuentran reguladas por los precios y que tienen una incidencia de factores exógenos para la determinación de los costos. (Folladori & Tommasino, 2005)

La economía ecológica tiene como uno de sus postulados el mantener un equilibrio entre el medio ambiente y las actividades económicas (Gráfico 1) para no generar una entropía que ponga en riesgo el sistema natural y con ello la vida.

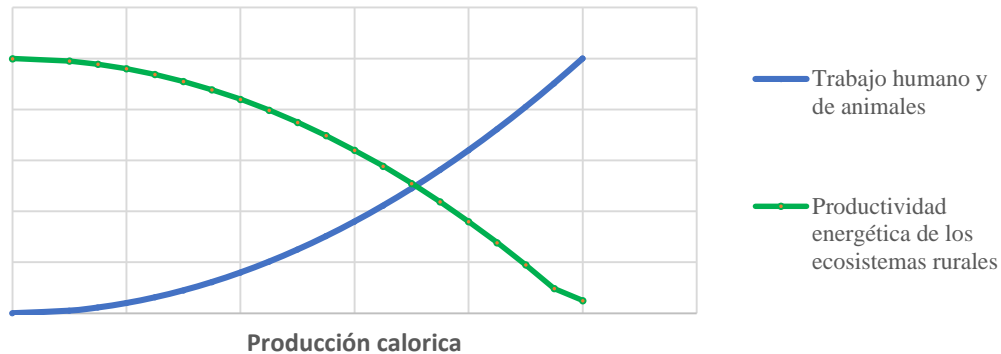
Por lo tanto, la economía ecológica es vista como un sistema abierto dentro de un sistema mayor, esto es, la biósfera, la cual se interrelaciona con los ciclos biogeoquímicos para cumplir con cuatro funciones: regulatorias, productivas, de soporte y de información; cada una de ellas se encarga de proporcionar un sustento a las actividades económicas y al bienestar humano en general, proporcionando recursos: básicos, espacio, beneficios estéticos, culturales y científicos. El enfoque principal de la EE plantea la utilización eficiente de los recursos, la sustitución de recursos no renovables por renovables y la reducción de contaminantes que pudieran alterar los ciclos biogeoquímicos. (Folladori & Tommasino, 2005)

El eje transversal de la economía ecológica parte de las leyes físicas y de su relación con decisiones económicas, a diferencia de la teoría económica neoclásica-keynesiana que pondera las externalidades hacia las decisiones económicas. La economía humana reconoce la entrada de energía en los sistemas económicos y plantea la importancia de establecer una relación entre la física y la economía que ayude a comprender los flujos de energía en la economía; proceso que se presenta de dos formas: 1) por medio de un consumo endosomático asociado con la utilización de la energía interna del hombre, midiéndose esta energía en kilocalorías, y 2) por medio del consumo exosomático éste se asocia con las funciones que llevan a cabo de manera externa los ecosistemas, a través de la fotosíntesis (Martinez, Alier & Roca, Jusmet, 2018)

Ejemplo de Balance energético

En el Gráfico 1 se observa como a mayor trabajo humano y de animales existe un mayor consumo calórico derivado del uso de fuentes de energía, es así que debe existir un balance entre el calor que se genera y el que se puede procesar buscando un balance energético

Gráfico 1. Balances energéticos



*NOTA: Δ del ingreso per cápita \rightarrow Δ consumo de energéticos
 \rightarrow Δ producción de calorías
 \rightarrow ∇ productividad energética de los ecosistemas*

Elaboración: Propia

La ley límite de la naturaleza: entropía y desarrollo sustentable

La segunda ley de la termodinámica describe los cambios a la entropía (o desorden) en un sistema, manifiesta como insuficiencias, pérdidas y flujos de desechos que se presentan durante la conversión de energía calórica (Cardentey, Pérez, & Hernández, 2008). El otorgar un valor económico a la naturaleza e incluirla en el proceso económico es fundamental para el logro de una sustentabilidad, en este sentido, la teoría del valor fundada en el trabajo y el cambio tecnológico, considera que el proceso económico integra tanto materia (recursos naturales) como energía, lo que permite establecer un valor de utilidad o desutilidad de los desechos (materiales y energéticos)..

Al hablar de la entropía, es importante referir que esta se establece como una ley límite de la naturaleza en relación con el espacio, el tiempo, la materia y la energía, y en el deseo ferviente de encontrar una fuente inagotable de energía que permita mantener el movimiento perpetuo y un crecimiento sin límites, surge la bioeconomía que estudia el vínculo de los procesos económicos y las leyes de la naturaleza, con lo cual se sientan las bases para comprender la inestabilidad de la economía partiendo de la entropía en los procesos de producción y consumo inducidos por la racionalidad económica. Este es un término incorporado en la ecología para explicar el orden y la complejidad de los ecosistemas. A partir de esto, la economía y la ecología han intentado relacionar la productividad natural con las medidas de biodiversidad y la complejidad de los ecosistemas, presentando un reto en el establecimiento de relaciones cuantitativas (Leff, 2004).

Hasta antes de la crisis ambiental, que para algunos se visualiza desde la década de los años setentas del siglo pasado, los recursos naturales eran vistos como una oferta gratuita, en la actualidad el Stock de las materias primas adquiere un alto valor originado por la escasez y los procesos biológicos son los encargados de mantener el Stock de los recursos naturales, por lo cual los sistemas biológicos no solamente establecen condiciones que debe respetar la economía, sino que determinan las capacidades de carga de los ecosistemas.

En este sentido, la economía en su dimensión social es un sistema vivo, ya que al estar vinculada permanentemente con la naturaleza, se hace necesario establecer la organización y complejidad del sistema ecológico. A partir de los procesos de fotosíntesis, el medio ambiente se encarga de procesar los desechos del proceso productivo, sin embargo, la maximización de la producción trae consigo una mayor entropía por la baja capacidad del medio ambiente de procesar estos desechos y, de continuar con estos desequilibrios, se pone en riesgo la vida humana. La absorción de la energía negativa por parte de los ecosistemas son parte de la corriente neguentropía, que establece que la energía es un medio indestructible que tiende a regular el comportamiento de la materia buscando provocar en ella una tendencia al orden.

Contexto nacional

La transición energética es el proceso que transforma un sistema energético concentrado y dependiente de combustibles fósiles, en un sistema descentralizado, ambientalmente más sustentable, bajo en carbono y socialmente más incluyente. En cada país, la transición energética tiene diferentes trascendencias y límites; puede ser llevada de forma diferente por medio de diversas tecnologías, escalas y modelos socio-técnicos, los cuales tienen varios efectos políticos, sociales, económicos y ambientales. Por lo tanto, es necesario responder ¿qué calidad de transición energética se precisa en nuestro país? (Villarreal & Tornel, 2017)

El paradigma energético del siglo XXI impulsa la transición del uso de combustibles fósiles, hacia el desarrollo y empleo de tecnologías limpias, y este proceso se está iniciando en nuestro país, por lo cual se esperan muchas expectativas que requieren del análisis sin tintes políticos ni ideológicos. La transición hacia las tecnologías limpias con un enfoque social robustece la seguridad energética, favorece el crecimiento económico y la competitividad, además de reducir la pobreza energética y contribuir atenuando el cambio climático. Por ello, es una cuestión esencial que debe formar

parte integral de cualquier discusión sobre el futuro del sector energético en México (García Alcoser, 2019).

De acuerdo con estimaciones de PRODESEN (2016-2030), nuestro país cuenta con un potencial en energías renovables suficiente como para generar y atender el 100% de la demanda de energía que se consume anualmente. Así, por ejemplo, la generación de energía eléctrica en el país para el 2015 fue de 309,553 GWh de la cual 79.7% provino de tecnologías convencionales y el 20.3% de tecnologías limpias. Además, si se compara con la generación en el 2016, ésta representó un 21.7% del total generado, observándose un crecimiento en el uso de energías geotérmicas, eólicas y solares. México se ubica en una posición geográfica excepcional, el territorio nacional cuenta con valiosos recursos renovables, además de ello, el desarrollo tecnológico a nivel mundial ha hecho que las tecnologías necesarias para explotar estos recursos sean cada vez más accesibles. Desde el punto de vista del marco legal establecido por la Ley de Transición Energética (LTE) y la Ley General de Cambio Climático (LGCC), le conceden a México las bases para el desarrollo de una política pública adecuada que atienda las metas de transición energética y reducción de emisiones, y en este sentido, lo que falta solo es voluntad política (Villarreal & Tornel, 2017).

La reforma energética aprobada por el congreso de la unión en el año 2013, constituyó un cambio, tanto a nivel constitucional como a nivel de legislación secundaria, a través de distintas iniciativas presentadas por los distintos partidos políticos, se propuso la modificación al artículo 27 constitucional, en torno a la planeación y control del sistema eléctrico nacional, así como la transmisión y distribución de la energía eléctrica, la cual corresponde exclusivamente a la nación. Sin embargo, se abrió la opción de celebrar contratos con empresas particulares con el objetivo de que se hicieran cargo del financiamiento, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para la prestación del servicio público.

Con la aprobación de las reformas constitucionales se pretendió terminar con los monopolios energéticos, por ello, la reforma energética (DOF, 2013) tuvo como objetivos y premisas fundamentales; las siguientes:

- Modernizar y fortalecer sin privatizar, a Pemex y a la Comisión Federal de Electricidad como empresas productivas del Estado 100% mexicanas.
- Reducir la exposición del país a los riesgos financieros, geológicos y ambientales en las actividades de exploración y extracción de petróleo y gas.

- Permitir que la nación ejerza, de manera exclusiva, la planeación y control del sistema eléctrico nacional, en beneficio de un sistema competitivo que permita reducir los precios de la luz.
- Atraer mayor inversión al sector energético mexicano para impulsar el desarrollo del país.
- Contar con un mayor abasto de energéticos a mejores precios.
- Garantizar estándares internacionales de eficiencia, calidad y confiabilidad de suministro, transparencia y rendición de cuentas.
- Combatir de manera efectiva la corrupción en el sector energético.
- Fortalecer la administración de los ingresos petroleros e impulsar el ahorro de largo plazo en beneficio de las generaciones futuras.
- Impulsar el desarrollo con responsabilidad social y proteger al medio ambiente.

Para el 24 de diciembre de 2015 se aprueba la Ley de Transición Energética, la cual establece, en su artículo transitorio tercero, una meta de participación mínima de energías limpias en la generación de electricidad en el país, con expectativas para el 2018 del 25%, para el 2021 del 30% y para el 2024 del 35% (DOF, Ley de Transición Energética, 2015). Asimismo, La ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el financiamiento de la transición energética estableció los siguientes objetivos para reducir las emisiones contaminantes y así satisfacer la demanda de energía total a través de las energías solares y otras no renovables. Es en el 2018, que se establece una meta del 25% y para el 2050 se proyecta que el 60% de las energías provendrían de fuentes renovables.

Acompañado de la reforma eléctrica, se presentó el Programa de Desarrollo Eléctrico Nacional, que es el instrumento que contiene la planeación en cuanto a las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica para el periodo de 2021 a 2035.

Es importante no perder de vista que la electricidad es la segunda fuente de energía de mayor consumo en México, con una participación del 17.6% del consumo energético nacional. Para el sector agropecuario el consumo está representado por el 22.6%, para el sector industrial el consumo de energía es el 33.4% y para los sectores residencial, comercial y público el consumo es de 34.4% (SEMARNAT, 2021).

De acuerdo con el inventario nacional de energías renovables, el mayor potencial probado para la generación de electricidad se centra en la energía solar (ver cuadro 1). A nivel nacional se formuló un Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL), el cual es una herramienta para la identificación de las áreas geográficas con alto potencial para la generación de energías limpias y sirve de base para los desarrollos interesados en invertir en proyectos de estas características, coadyuvando a diversificar la matriz energética (SENER, Atlas nacional de zonas con alto potencial de energías limpias, 2017).

Cuadro 1 Potencial de generación eléctrica con energías limpias en México (GWh)

Recursos	Eólica	Solar	Hidráulica	Geotérmica	Biomasa
Probado	19,807.0	16,351.0	4,796.0	2,355.0	2,396.0
Probable	-		23,028.0	45,207.0	391.0
Posible	87,600.0	6,500,000.0	44,180.0	52,013.0	11,485.0

Fuente: INERE (2016).

Contexto Tlaxcala

El Plan Estatal de Desarrollo para el Estado de Tlaxcala 2017-2021, establecía como parte de sus ejes estratégicos impulsar el crecimiento económico y la inversión en el Estado, generar más empleos mejor pagados e impulsar el desarrollo científico, tecnológico y la innovación para el progreso del Estado. Sin embargo, en materia de energías renovables no contemplaba ningún apartado

Sobre la posible legislación aplicable en materia de energías limpias, en el estado de Tlaxcala tenemos como único antecedente la iniciativa de ley propuesta en el 2019, la Ley de Fomento y Aprovechamiento de Energías Limpias (Covarrubias, 2019), esta respondía a la necesidad de reducir los gases de efecto invernadero, con la cual proponía la aplicación de las energías limpias bajo la idea de que la confiabilidad de ellas radica en su diversidad, abundancia y por su alta disponibilidad. No obstante, dado que la ley de transición energética a nivel federal, ya regula el aprovechamiento y producción de energía con estas alternativas limpias, esta iniciativa de ley estaba enfocada únicamente en la promoción de políticas públicas orientadas a cumplir con los objetivos de la ley, pero en el marco del estado de Tlaxcala.

Potencial del Estado en la explotación de energías renovables.

De acuerdo con la prospectiva de energías renovables 2016-2030, el estado de Tlaxcala tiene un potencial técnico conjunto de aceites de cocina usados y grasas animales para biodiesel, potencial de biomasa forestal leñosa (pino, encino, mixto, selva baja) y solar (SENER, 2016). Es importante mencionar que el inventario nacional de energía de 2015, el estado de Tlaxcala no tenía participación en la generación de energía eléctrica y su demanda era del 1 por ciento del consumo nacional.

Contexto municipal

El gobierno del Estado brindó las facilidades para la instalación de la primera planta de energía solar “Macroparque la Magdalena II en coordinación con los gobiernos municipales de Hueyotlipan y Tlaxco.

En el Plan Municipal de Desarrollo 2017-2021 del municipio de Hueyotlipan, se establecía el desarrollo económico, ambiental y social como una acción estratégica para el crecimiento y desarrollo del municipio, como parte de un eje se plantea hablar de responsabilidad con el medio ambiente y el entorno ecológico, llevando acciones de cuidado de la ecología rural y urbana en apego a las leyes de ecología, aunque este municipio desafortunadamente, no ha contado con un programa de desarrollo urbano para considerar y llevar a cabo este tipo de proyectos. De acuerdo con datos del INEGI al 2010, establece que sólo el 2.46 por ciento del territorio municipal tiene un uso urbano y el resto se destina a actividades agrícolas, zonas boscosas y pastizales.

Macroparque la Magdalena II

En 2019, la Empresa Enel a través de su subsidiaria de energía renovable Green Power México (EGPM), instaló el primer proyecto de energía renovable en el estado de Tlaxcala, con una inversión aproximada de 165 millones de dólares, con el objetivo de proveer energía eléctrica al Sistema de Energía Nacional (SEN), cuya operación será por parte de la Comisión Federal de electricidad (CFE) en la zona de transmisión de Puebla. Se instaló en la zona de Hueyotlipan-Tlaxco (ver Figura 1), en un polígono con una superficie total de 439 Ha (Enel Green Power, 2021).

Figura 1 Localización del Macroparque la Magdalena II



Fuente: Google Earth (2021).

El proyecto se compone de aproximadamente 550,000 módulos bifaciales, que son capaces de generar unos 640 GWh por año, evitando la emisión anual de aproximadamente 350,000 toneladas de CO₂ a la atmósfera (Enel Green Power, 2021). La vida del proyecto es de 30 años, generando 25 empleos directos. El sistema de información energética no reporta en su página oficial datos asociados con la generación de energía eléctrica y capacidad instalada asociada al estado de Tlaxcala.

Ventajas y desventajas

De acuerdo con el estudio de impacto ambiental del proyecto, los principales factores y componentes ambientales que se vieron afectados son: atmósfera, suelos, hidrología, vegetación, fauna, paisaje, geo-morfología y aspectos socio-económicos y culturales. De acuerdo con el peso ponderado estimado de afectación, el acumulado para vegetación, fauna y suelo, es del 57.3%; siendo la vegetación que ocupa el 15% de la superficie total del proyecto, con la siguiente afectación por especie: el 5% a bosques de táscate, el 5% bosques de encino, el 3% de matorral crasicaule, 1% a matorral desértico rosetófilo y el 1% bosque de oyamel. La afectación a la fauna, fue principalmente para especies, como; anfibios, reptiles, aves y mamíferos. (SEMARNAT, 2021).

En consecuencia, la actividad humana en esta zona, se vio desplazada prácticamente en su totalidad.

En el Cuadro 2 se presenta un balance cualitativo de afectaciones a los recursos naturales derivados de la operación del proyecto. En el aspecto de hidrología, la afectación es muy baja; en cuanto a suelo se observa una afectación de erosión potencial media; en flora, es muy baja debido a que no es área protegida; en fauna no obstante que en el área no hay protección de especies, se nota una afectación media, sobre todo en la modificación del hábitat. En lo que respecta al paisaje, éste si se ve modificado en forma significativa por la visibilidad de los paneles solares. Desde esta perspectiva el balance es negativo.

Cuadro 2. Balance. Cualificación de afectaciones a los recursos naturales por la operación del proyecto.

Componen te	Factores	Afectación	Observaciones
Hidrología	Escurremientos	MB	
	Infiltración	MB	
	Calidad de agua	MB	
Suelo	Potencial de erosión	M	
Flora	Distribución de vegetación	M	
	Especies protegidas o de interés	MB	No existen especies protegidas en esta área
Fauna	Distribución de fauna	B	
	Hábitat	M	
	Especies protegidas o de interés	B	No existen especies protegidas en esta área
Paisaje	Continuidad paisajística y visibilidad	A	

A = Alta, M= Media, B = Baja, MB = Muy baja,

Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes empíricas y SEMARNAT (2021).

Para medir en forma amplia los beneficios que puede producir la explotación de las tierras de cultivo por parte de los campesinos de la región que se han dedicado por generaciones a la producción de granos básicos, y así estar en posibilidad de justificar la decisión de los poseedores de la tierra de rentarla para la ubicación de paneles solares, dada la expectativa de recibir mayores ingresos, se procedió a hacer una cuantificación de los costos de producción agrícola tomados directamente del productor, y así con datos de los precios de venta se estimó la utilidad aparente, es decir, los beneficios dentro del proceso productivo. Posteriormente, para contar con datos del nivel de utilidades considerando los costos de comercialización, se incorporó el análisis de la renta de localización que arrojó los resultados que se muestran en el Cuadro 3, donde se observa que la ganancia neta al productor se reduce todavía más, por lo que desde este punto de vista se justifica la decisión del campesino de rentar su tierra para la instalación de paneles solares. En términos de impacto general al territorio y en consecuencia al ámbito social, de acuerdo con la estructura productiva agrícola para los cultivos en específico que se analizan, el nivel de representatividad de los cultivos en la región, es el siguiente: maíz criollo e híbrido: 25%; cebada: 70% y trigo: 5%. En el caso de Hueyotlipan que es el territorio de estudio, mayormente se cultiva maíz y cebada, por lo tanto, esa es la misma proporción porcentual en que beneficia a los agricultores que han rentado su parcela para la instalación de dichos paneles solares. Desde este punto de vista, el balance se puede considerar positivo, pero aún así, no es ni mínimamente suficiente para resarcir los costos ambientales, económicos y sociales en su conjunto.

Cuadro 3. Balance. Cuantificación de beneficios y pérdidas en infraestructura y en la agricultura local por la operación del proyecto.

Componente	Factores	Impacto	Mont to (Pes os)	Impacto	Mont o (Pesos)	Expectativa	Realidad
Infraestructura	Servicios e infraestructura	X	-			– Incremento de vialidades y movilidad	– Rehabilitación de tramo carretero existente
Económico	Desarrollo económico	X	-			– Polo de atracción de inversión.	– No existen inversiones asociadas con el proyecto
	Actividades productivas	X	-				
	Empleo para la población			X		– Generación de 100 empleos temporales.	– Contratación de 20 trabajadores aprox.
Renta anual	Pago por parte de la empresa ENEL por el uso de terrenos	X	25,000 ha			– Pago único por las tierras – Grandes beneficios económicos para los ejidatarios.	– El valor de la renta solo tendrá un incremento conforme a la inflación.
Utilidad aparente a)	Utilidad anual estimada por cultivo:						

	Maíz criollo:	X	1, 750	– El campesino ha preferido rentar su parcela
	Maíz híbrido:	X	7, 900	
	Trigo:	X	3,650	
	Cebada:	X	3, 950	
Renta de	Renta de			
Localizaci	Localización			
ón b)	anual estimada			
	por cultivo:			
	Maíz criollo:	X	-9 128	– El campesino ha preferido rentar su parcela
	Maíz híbrido:	X	1, 372	
	Trigo:	X	2, 337	
	Cebada:	X	3, 572	

Notas:

- a) El cálculo de *utilidad aparente*, que se entiende es la estimación de beneficios del proceso productivo, se hizo con base en costos de producción agrícola promedio de esos cultivos captados de manera directa de los productores de la región.
- b) Se calculó de *renta de localización*, que se entiende es la estimación de beneficios considerando costos de comercialización, principalmente de transporte, se hizo con base en la siguiente fórmula propuesta por Polesè (1998) y Camagni (2005):
 - $R = E (p - a) - Efk$, donde:
 - R, es la renta por hectárea
 - E, es el rendimiento por hectárea para el producto i
 - p, es el precio unitario de mercado para i
 - a, es el costo unitario de producción para i
 - f, es el costo unitario de transporte por kilómetro para i
 - k, es la distancia con respecto al mercado

Fuente: Elaboración propia con base en Enel Green Power (2021) y bases de datos de costos de producción agrícola directos del productor.

Conclusiones

Si consideramos la energía como la base para la preservación de la vida y la actividad económica, el mantener un equilibrado funcionamiento de los procesos productivos y del estado original de la naturaleza, pareciera algo imposible, sin embargo, el aprovechamiento de los factores naturales no agotables abre esta posibilidad. Con el proceso de industrialización el uso de energías carbónicas se enfatizó de tal manera que el balance entre las entradas de energía y las salidas por emisiones han provocado grandes desequilibrios que han terminado por generar una entropía al medio ambiente, lo cual se ve reflejado en el cambio climático por el calentamiento global.

Las energías renovables aparecen como la solución para mitigar y revertir los efectos de las emisiones de CO₂. Pero existe un inconveniente en las energías renovables, y es que estas sólo se pueden generar en determinados espacios y territorios que cuenten con la capacidad natural para la generación de las mismas. En este sentido, México es un espacio privilegiado con enormes probabilidades de generar energía eólica, solar, hidráulica, geotérmica y biomasa. Específicamente para el 2015, únicamente se había explotado el 0.25 por ciento de la capacidad de generación de energía solar.

Nos enfrentamos como especie a factores como el crecimiento poblacional y el incremento en el consumo energético, con una mayor demanda de energía eléctrica, sin posibilidades en el corto plazo de dar paso a la sustitución de los procesos energéticos basados en hidrocarburos. Para la instalación de tecnologías limpias es necesario el uso de recursos naturales renovables y no renovables, además del alto costo de las emisiones y desechos generados para la fabricación y aplicación de dicha tecnología.

Resulta importante destacar que, si un territorio cuenta con sus propias fuentes de generación de energía renovables y sustentables, a largo plazo representará una ventaja competitiva, ya que permitirá garantizar el flujo de las actividades económicas, y en este caso, por primera vez el estado de Tlaxcala cuenta con una planta de energía solar, la cual dotará de electricidad a una parte de la región centro. En contraste, la inversión en proyectos de paneles solares, no necesariamente implica la generación de empleos a gran escala, por el contrario, la innovación tecnológica viene a suplir muchas de las funciones que las personas llevaban a cabo, es por ello, que este tipo de inversiones utiliza grandes extensiones de territorio, grandes inversiones en tecnología, pero utiliza poco capital humano con alta especialización.

Al mismo tiempo, hay que considerar que para la instalación de ese tipo de proyectos existe una pérdida del paisaje natural, flora y fauna endémicas de los espacios, independientemente que estén sujetos a conservación y/o protección o no, pues las instalaciones se ubican en lo que eran áreas agrícolas, lo que genera un cambio en el uso de suelo y una disminución en la producción de alimentos del sector primario. Se debe reconocer que aún con este proyecto, todavía el estado de Tlaxcala se encuentra aún muy lejos de poder alcanzar una producción energética que le permita, ya no solo sobresalir en este campo, sino generar la energía mínima necesaria para comenzar a desplazar a las energías fósiles.

Las esferas jurídicas juegan un papel importante, y valdría la pena cuestionar qué tan pertinente o no resulta para la entidad estar sujeta en materia energética al pacto federal, pues en la medida en que las leyes en materia energética sean las que regulen la producción de energías limpias, limita el actuar del estado; en caso contrario, la posibilidad de que el estado tuviese la autonomía para legislar en la materia dentro de su esfera, le permitirá, entre otras cosas, generar empresas libres del monopolio de CFE, ya sean empresas paraestatales o privadas, y en teoría podrían actuar de manera más libre para la implementación acelerada de parques de energía limpia.

Si bien el proyecto estudiado, representa un pequeño aporte para la lucha contra el cambio climático y los límites físicos a los que nos enfrentamos como raza humana, son insuficientes para resarcir el grado de deterioro del medio ambiente.

Importante señalar que el origen de estas tecnologías es extranjero, lo que incrementa los costos de instalación y funcionamiento, además de generar una hegemonía entre los poseedores de la tecnología y los consumidores, porque la propiedad la conserva la iniciativa privada y no el Estado. Los beneficios son básicamente en infraestructura, pues se ha detonado el aumento de vialidades y movilidad de personas y mercancías dando pauta para futuras inversiones. En generación de empleo, se tiene la expectativa que el proyecto podrá dar ocupación a 100 personas en el mediano plazo, además de los 20 empleos iniciales de la región. Finalmente, el comparativo entre la renta que paga la empresa a los agricultores para la instalación de los paneles solares, que es de 25 mil pesos al año por hectárea, y los beneficios que se obtendrían por cultivar la tierra, nos da un saldo positivo, por lo cual desde esta perspectiva el dueño de la tierra ha preferido rentarla para el proyecto, aunque como ya se señaló, desde el punto de vista de los costos sociales y ambientales, el balance es negativo.

Referencias bibliográficas

- La Cal, H. J. (2020). *Energía de biomasa y el agua*. España, España: Editorial Elearning, S. L.
- Camagni, R. (2005). *Economía urbana*. España: Editorial Antoni Bosch.
- Cardentey, L. J., Pérez, L. J., & Hernández, R. (2008). Los Principios de la Termodinámica, uno de los soportes de la economía ecológica y el rol de la escuela en su concientización. *Dialnet.uniroja*.
- Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental. La apropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI.
- CFE. (2021). *Informe anual 2020*. Obtenido de https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/3/2021-05-06-1/assets/documentos/CFE_Informe_Anual_2020.pdf
- Covarrubias, M. (19 de marzo de 2019). *Congreso del Estado de Tlaxcala*. Obtenido de <https://congresodetlaxcala.gob.mx/propone-miguel-angel-covarrubias-crear-ley-fomento-aprovechamiento-energias-limpias/>
- Enel Green Power. (16 de noviembre de 2021). *enelgreenpower*. Obtenido de <https://www.enelgreenpower.com/es/medios/press/2019/11/enel-iniciar-operaciones-en-la-planta-solar-magdalena-ii>
- Energy, C. (2 de Diciembre de 2021). *Colibrí Energy*. Obtenido de <https://www.colibri.energy/pdf/brochure.pdf>
- Folladori, G., & Tommasino, H. (2005). *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. México: Porrúa.
- Gobierno, d. E. (2018). *Plan Estatal de Desarrollo para el Estado de Tlaxcala 2017-2021*. Tlaxcala: Diario Oficial del Estado.
- Guadiana Alvarado, Z. A., Durán García, H. M., Rossel Kipping, E. D., Algara Siller, M., & Cisneros Almazán, R. (2021). Eficiencia energética en sistemas agrícolas familiares bajo condiciones del clima controlado. *Interciencia*, 46(1), 32-36.
- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Hueyotlipan, Tlaxcala 2010*. Obtenido de Instituto nacional de estadística y geografía: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/29/29014.pdf

- Martínez, Alier, J., & Roca, Jusmet, J. (2018). *Economía ecológica y política ambiental* (3ª ed.). México: Fondo de cultura económica.
- Max-Neef, M., Elizalde, A., & Hopenhayn, M. (1986). *Desarrollo a escala humana. Opciones para el futuro*. Santiago, Chile.
- Melchior, E. R. (1972). *Integración de espacio latinoamericano, en Gunnar Myrdal. Teoría económica y regiones subdesarrolladas*. México: FCE.
- Murga-Menoyo, M. Á., & Novo, M. (2017). Sostenibilidad, desarrollo glocal y ciudadanía planetaria. *Ediciones Universidad de Salamanca*, 55-78.
- ONU. (2 de Diciembre de 2021). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Agenda para el desarrollo sostenible: <https://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/>
- Pengue, W. A. (2017). La economía ecológica y el desarrollo en América Latina. *ResearchGate*.
- Polése, M. (1998). *Economía urbana y regional. Introducción a la relación entre territorio y desarrollo*. Costa Rica: BUAP, Agencia canadiense de desarrollo internacional.
- Rodríguez, A. G., Mondaini, A. O., & Hitschfeld, M. A. (2017). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe. Contexto global y regional y perspectivas*. Santiago: Naciones unidas.
- SEMARNAT. (14 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/tlax/estudios/2020/29TX2020E0020.pdf>
- SEMARNAT. (16 de noviembre de 2021). Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/tlax/estudios/2019/29TX2019E0035.pdf>
- SENER. (2016). *Prospectiva de energías renovables 2016-2030*. México: SENER.
- SENER. (2017). *Atlas nacional de zonas con alto potencial de energías limpias*. Recuperado el 30 de noviembre de 2021, de Secretaría de Energía: <https://www.gob.mx/sener/articulos/atlas-nacional-de-zonas-con-alto-potencial-de-energias-limpias?idiom=es>
- SENER. (2018). *Programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018-2032*. Obtenido de Secretaría de energía:

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/331770/PRODESEN-2018-2032-definitiva.pdf>

Tippens, P. E. (2011). *Física. Conceptos y aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.

Westreicher, G. (23 de junio de 2020). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/entropia.html>