



**Centro de Investigación en
Alimentación y Desarrollo A.C.**

**ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y
SUSTENTABILIDAD EN LA AGRICULTURA DEL
DISTRITO DE RIEGO ALTAR-PITIQUITO-CABORCA**

Por:

Ana Cristina Velazquez Mar

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE DESARROLLO REGIONAL

Como requisito para obtener el grado de


MAESTRÍA EN DESARROLLO REGIONAL

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Ana Cristina Velázquez Mar, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Desarrollo Regional.



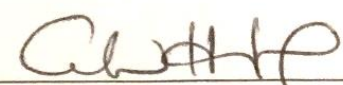
Dr. Vidal Salazar Solano
Director de Tesis



Dr. Jesús Martín Robles Parra
Asesor



Dra. Beatriz Olivia Camarena Gómez
Asesora



Dra. Alma Angelina Haro Martínez
Asesora

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.



Dr. Pablo Wong González
Director General

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento brindado durante el trabajo de investigación realizado ya que, sin él, nada hubiese sido posible.

En segundo lugar, quiero agradecer al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) y a todo el personal académico, docente, administrativo y técnico que en él labora; por brindarme todas las herramientas necesarias y hacerme sentir como en un segundo hogar durante el tiempo en el que se trabajó en la investigación.

Quiero agradecer a mi director de tesis el Dr. Vidal Salazar Solano por haberme guiado y facilitarme el entendimiento del proceso de investigación, por su tiempo y atención hacia mí y mi trabajo.

Agradezco también a mi comité de tesis integrado por los doctores: el Dr. Jesús Martín Robles Parra, la Dra. Alma Angelina Haro Martínez y la Dra. Beatriz Olivia Camarena Gómez, por sus aportaciones, su apoyo y por guiarme en la construcción y realización de la investigación presentada.

Un Agradecimiento al equipo de trabajo del que formo parte junto a Mario, Shamir y Pablo.

A mis profesores y compañeros de generación con los que compartí ideas, experiencias y de los que me llevo gran aprendizaje.

Por último, quiero agradecer a mi familia y a mi mejor amigo por apoyarme y alentarme a lo largo de esta maestría.

DEDICATORIA

Para mis hijos, mi esposo y mis padres...

CONTENIDO

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
I. AGRICULTURA, MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA.....	6
1.1 Distritos de Riego (DR) en Sonora.....	6
1.2 Tipos de Riego en Sonora	8
1.3 Agricultura en el Distrito de Riego 037 (Altar-Pitiquito-Caborca)	10
1.4 Consumo de Energía Eléctrica en el Sector Agropecuario	13
1.5 Relación Consumo de Electricidad – Gases de Efecto Invernadero.....	17
1.6 Afectaciones del Cambio Climático en la Agricultura.....	20
II. SUSTENTABILIDAD POR MEDIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	23
2.1 Cumbres del Medio Ambiente: Impulso a las Energías Renovables.....	23
2.2 Programas Federales para el Aprovechamiento de las ER	25
2.3 Fuentes de Financiamiento y Apoyo para el Aprovechamiento de las ER..	28
2.4 Aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica (ESFV) en Sonora	31
2.5 Proyectos de Energía Solar en Sonora.....	33
Campo de Helióstatos, UNISON.....	33

CONTENIDO (Continuación...)

Agua Prieta II	34
Parque solar Santa Inés	35
2.6 Energía Solar para el Riego por Bombeo	35
2.7 Bombeo con ESFV con Apoyo de Programas Gubernamentales en Sonora	39
2.8 Proveedores de Energía Solar en Sonora	39
III. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL	42
3.1 De la Economía Neoclásica a la Ambiental	43
3.2 De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica	45
3.3 Sustentabilidad y la Postura Internacional Frente la Preservación del Medio Ambiente.....	47
3.4 Capital Natural: Definición, Clasificación y Valoración.....	50
3.5 Desarrollo Sustentable y Generación de Energía Eléctrica	53
3.6 Las Fuentes de Energía Renovable.....	56
Energía solar.....	57
IV. APARTADO METODOLÓGICO	61
4.1 Estimación de Emisiones de GEI.....	63
4.2 Comparación de Tarifas.....	65
V. RESULTADOS	67
5.1 Estimador de Emisiones de GEI	67
5.2 Estimador de la Variación en el Costo por Kwh	72
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
6.1 Conclusiones	77
6.2 Recomendaciones	80

CONTENIDO (Continuación...)

REFERENCIAS	81
ANEXOS	90
Anexo 1. El Análisis de Fortalezas Oportunidades Amenazas y Debilidades de la Incorporación de la ESFV en la Agricultura	90
Fortalezas	91
Oportunidades	92
Debilidades	94
Amenazas	95
Anexo 2. Proyectos de Energía Solar Fotovoltaica en Sonora (FIRCO).....	97
Anexo 3. Proveedores de Energía Solar Fotovoltaica en Sonora	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Distritos de Riego en México.....	8
Ilustración 2. Superficie cosechada en Sonora.....	9
Ilustración 3. Distrito de Riego 037 (Altar-Pitiquito-Caborca).	10
Ilustración 4. Superficie cosechada en el DR037 al 2014.	12
Ilustración 5 Consumo de Energía del Sector Agropecuario a Nivel Nacional.....	14
Ilustración 6. Consumo Energético del Sector Agropecuario	15
Ilustración 7. Consumo final de energía del sector agropecuario estatal 2010.....	15
Ilustración 8. Monto de subsidios en tarifa de energía eléctrica en México 2014	16
Ilustración 9 Evolución del consumo nacional de energía y las emisiones asociadas al consumo de combustibles 2001-2011	18
Ilustración 10. Participación de los insumos de energía secundaria en centros de transformación	19
Ilustración 11. Emisiones de CO ₂ e derivado de la generación de electricidad.....	19
Ilustración 12. Meta de generación energética en México.	27
Ilustración 13. Cantidad de Radiación Solar a Escala Global.	32
Ilustración 14. Ejes del Desarrollo Sustentable.	49
Ilustración 15. Esquema gráfico referente a las distintas aproximaciones para la cuantificación del capital natural.....	53
Ilustración 16. Clasificación de la Energía según su fuente.	57
Ilustración 17. CPV en desarrollo.	59
Ilustración 18. Generadores Transparentes de Energía No Convencionales	59
Ilustración 19. Consumo de Energía del Distrito de Riego 037	69
Ilustración 20. Consumo de Energía Eléctrica por Cultivo DR037	71
Ilustración 21. Comparativo de costos de energía según tarifa y fuente.....	73
Ilustración 22. Costo de Producción de Energía Eléctrica DR037	73
Ilustración 23. Comparativo del costo de energía eléctrica según fuente y subsidio.	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Agricultura en el DR037.....	12
Tabla 2. Precio medio facturado por tarifa del Sistema Eléctrico Nacional.....	36
Tabla 3 Objetivos y resultados de la implementación de sistema de riego fotovoltaico en un viñedo en Chile.....	37
Tabla 4. Funciones, bienes y servicios de los ecosistemas.....	51
Tabla 5. Factor de Emisión en México.....	65
Tabla 6 Características de los pozos del DR037.....	68
Tabla 7 Consumo de Energía Eléctrica de los Principales Cultivos.....	70
Tabla 8. Emisión de GEI del DR037.....	71
Tabla 9. Comparativo del costo de energía eléctrica según fuente y subsidio.....	74
Tabla 10. FODA de la incorporación de ESFV en las actividades productivas.....	96

RESUMEN

Los contenidos del reporte Brundtland (1987) exponen las necesidades humanas de transitar hacia actividades económicas capaces de implementar con éxito acciones que limiten los efectos del cambio climático. A partir de este reporte, los países han signado acuerdos que los condicionan a sustituir la base energética convencional por fuentes de energía amigables con el medio ambiente que representan, además, un ahorro en los costos de la electricidad, toda vez que las tarifas energéticas están sujetas a los precios de los combustibles fósiles. México ha impulsado acciones de política económica que incluyen subsidios agrícolas para reducir los altos costos de la energía, sin embargo, aunque estos llegan a representar un alivio para las necesidades económicas del productor, no están orientados a disminuir la problemática ambiental de sus territorios. Particularmente en el distrito de Riego 037 (Altar-Pitiquito-Caborca), la agricultura es soportada por costosos sistemas de extracción en pozos profundos, cuyo elevado consumo de energía eléctrica, además de emitir importantes volúmenes de gases efecto invernadero, impacta negativamente los niveles de rentabilidad de los sistemas productivos y propicia el eventual abandono por sus actores. La presente investigación tiene como objetivo caracterizar cómo la energía solar fotovoltaica condiciona la sustentabilidad ambiental y económica de los sistemas agrícolas. A partir de información obtenida en fuentes primarias y secundarias, se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero y se compararon las tarifas eléctricas para obtener indicadores físicos y económicos del uso de Energía Solar Fotovoltaica en el DR037. Los resultados muestran que el uso de la energía solar fotovoltaica genera una reducción importante de los gases efectos invernadero y propician la equidad económica en las tarifas de energía eléctrica, aspectos base para lograr la sustentabilidad ambiental y económica de los sistemas agrícolas.

Palabras Clave: agricultura, distrito de riego 037, riego por bombeo, energía solar fotovoltaica, sustentabilidad.

ABSTRACT

The Brundtland Report (1987) exposes the human needs to turn into economic activities that allow to implement successful actions that minimize pollution and climate change effects. Following this discussion, some countries have signed international trades which urge to replace the conventional energetic base for another that take care of the environment but also represent savings in electricity costs which have been increasing due to the fossil fuels cost fluctuation. In alignment with these international trades, Mexico has driven economic policy actions that include granting subsidies to reduce the high electricity costs, however, although these come to represent a relief for the economic needs of agrarians, they fail to reduce the regional environmental problems. Particularly in the Irrigation District 037 (Altar-Pitiquito-Caborca), which is characterized by a semi-desert weather and the low water availability, agriculture is supported by high-cost pumping systems where water is extracted from deep wells falling into high power consumption plus elevated volumes of greenhouse gases emissions that negatively impacts the profitability levels of productive systems and facilitates the eventual abandonment of agriculture. The objective of this research is characterize how the economic and environmental sustainability in agriculture system is conditioned by the photovoltaic energy. The physical and economic indicators of values of Photovoltaic Energy (PV) use in agriculture have been estimated by information provided by primary and secondary sources. Results show that this transition boost regional agriculture with adherence of environmental respect criteria and increases the district's viability.

Key words: agriculture, irrigation district 037, pumping irrigation, photovoltaic solar energy, sustainability.

INTRODUCCIÓN

Uno de los efectos del cambio climático es el calentamiento global, lo que ha condicionado a los actores productivos a invertir cada vez más en infraestructura, servicios, insumos y capacitación que asegure la rentabilidad económica de sus operaciones. El estado de Sonora, durante las últimas décadas pasó de ser un territorio caracterizado por sus esquemas extensivos de producción agropecuaria a una condición de agotamiento de sus recursos hídricos y recurrente sequía condujo a sus actores al abandono de sus actividades tradicionales y al ajuste del patrón de cultivos regional.

Aquellos actores con acceso a recursos para adaptar su infraestructura productiva e incorporar sistemas de irrigación eficientes, que aseguren la producción de los nuevos cultivos de mayor valor agregado por unidad de agua consumida, han logrado sobrevivir con éxito a este fenómeno; sin embargo, las tecnologías de irrigación eficiente no han impedido la reducción o cancelación de las operaciones, ya que su rentabilidad se ve impactada por los altos costos de la energía eléctrica, obtenida en fuentes fósiles que se insumen en el proceso de extracción del recurso hídrico en pozos profundos.

Junto al resto de fuentes de energía renovables, la solar se erige como alternativa frente a las fuentes convencionales de generación de energía. Es promovida a escala global a través de acuerdos internacionales, suscritos por organismos multilaterales comprometidos en mitigar los efectos del cambio climático.

México en apego a estos acuerdos, se ha planteado metas de sustitución de su base energética convencional por energías renovables como una estrategia para contribuir a la reducción del calentamiento global. El aprovechamiento de la energía solar, representa un medio para incrementar la sustentabilidad de las

unidades económicas que operan en las zonas agrícolas del noroeste del estado de Sonora, afectadas por el incremento en los costos de extracción de agua. Sin embargo, a la par de analizar los beneficios de implementar este esquema energético alternativo, habrá que revisar la sustentabilidad ambiental de una actividad que fundamenta su sustentabilidad económica en un recurso natural escaso, en el caso que nos ocupa, el recurso hídrico en una zona de sequía excesiva.

Los organismos públicos en México, han logrado reducir las tarifas de energía mediante subsidios, en apoyo a los actores productivos que intervienen directamente en la actividad agrícola; sin embargo, esto ha propiciado un impacto negativo en el medio ambiente debido a la tecnología tradicional utilizada, además el monto destinado a los subsidios está sujeto a presupuesto público y propicia el rezago tecnológico y de electrificación en el país, pues merma el incremento en la longitud del Sistema Eléctrico Nacional (CFE, 2014).

Los beneficios de la utilización de las energías renovables, plantean opciones para mejorar las condiciones de sustentabilidad en el uso de la energía eléctrica para la irrigación por bombeo. En el caso de su integración en los sistemas agrícolas de la zona del Distrito de Riego 037 (DR037) su localización se considera privilegiada para el aprovechamiento de la energía solar. Es a partir de este estado de cosas que, surge la siguiente interrogante: *¿De qué manera la energía solar fotovoltaica condiciona la sustentabilidad ambiental y económica de los sistemas agrícolas?* Así mismo surgieron preguntas específicas de investigación: *¿Cuál es la demanda total de energía eléctrica utilizada para el bombeo en la región de estudio?, ¿Cuál es la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de energía eléctrica para el bombeo con fuentes convencionales?, ¿Cuál es la diferencia entre los costos reales de energía eléctrica obtenida con fuentes fósiles contra los costos de energía solar fotovoltaica?*

Por tanto, el objetivo general planteado es *caracterizar cómo la energía solar fotovoltaica condiciona la sustentabilidad ambiental y económica de los sistemas*

agrícolas, para ello se trazaron objetivos específicos, mismos que se describen a continuación:

- ✓ Estimar la demanda total de energía eléctrica utilizada para el bombeo en la región de estudio
- ✓ Estimar las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de energía eléctrica para el bombeo con fuentes convencionales
- ✓ Comparar los costos reales de energía convencional contra los costos de energía solar fotovoltaica

La hipótesis que rige la investigación es que la energía solar es un servicio ambiental que coadyuva a la sustentabilidad ambiental y económica de los sistemas agrícolas.

En alineación con estos planteamientos, se realizó una estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los sistemas tradicionales de energía eléctrica con el fin de asignar la diferencia entre ellos como valores físicos del servicio ambiental de energía solar, así mismo, se estimaron las tarifas de energía eléctrica por KWh con y sin subsidio, así como el costo del KWh con energía solar fotovoltaica para asignarlas como valor económico al servicio ambiental energía solar.

En adición a la presente sección introductoria, la tesis está conformada por seis capítulos.

El Capítulo I comprende información referente al marco contextual. Se presentan las características de la agricultura de Sonora, específicamente del Distrito de Riego 037, caracterizado por la utilización de sistemas de bombeo operados con energía eléctrica. Se expone además la relación entre consumo de energía eléctrica y la emisión de gases de efecto invernadero, así como las implicaciones ambientales de la contaminación en la agricultura.

En el Capítulo II se presentan las políticas públicas relativas al consumo de combustibles fósiles como fuente de generación de energía eléctrica, que a

escala global/regional son trazadas para la mitigación del cambio climático. Se exponen además las ventajas comparativas regionales/locales para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, y algunas ventajas competitivas aportadas por la operación en el estado de proyectos fotovoltaicos y la presencia de proveedores regionales de esta tecnología. Este apartado contiene el análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en torno a la incorporación de la energía solar fotovoltaica en la agricultura, información que enriquece el marco contextual de la investigación.

El Capítulo III comprende el apartado teórico-referencial que da sustento a la investigación. Se describe la evolución del pensamiento económico, desde la escuela fisiócrata hasta el surgimiento de la economía ecológica en lo relativo al rol del medio ambiente en la creación de la riqueza y el desarrollo económico, así mismo es abordada la visión supranacional sobre ese tema. Posteriormente se incorpora la discusión sobre la importancia de valorar, desde una perspectiva integral, los bienes y servicios ambientales para mejorar la toma de decisiones. Además, se incluye un apartado sobre los principales conceptos asociados a la generación de energía eléctrica según su fuente de generación y de sus implicaciones ambientales.

El capítulo IV presenta la metodología empleada en esta investigación, se compone de dos apartados, uno ambiental que incorpora indicadores del valor físico del servicio ambiental que se está evaluando y el segundo conlleva a hacer una comparación para obtener indicadores del valor económico del servicio ambiental.

Los resultados de la investigación están contenidos en el Capítulo V, consta de dos partes, la primera es la sección ambiental, misma que incluye información de los indicadores del valor físico de la energía solar fotovoltaica como servicio ambiental, lo anterior, se obtiene en relación a la cantidad de emisiones de GEI. La segunda, analiza indicadores del valor económico de la energía solar fotovoltaica al hacer una comparación entre los costos por KWh de la energía

eléctrica con y sin subsidio y el costo del KWh obtenido con energía solar fotovoltaica.

Finalmente, El capítulo VI contiene las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

I. AGRICULTURA, MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA

La agricultura se ha posicionado como una de las actividades primordiales para desarrollo del ser humano a lo largo del tiempo. El estado de Sonora cuenta con un sector agrícola consolidado, pues tiene el primer lugar nacional en producción de varios cultivos como son uva, esparrago y olivo, entre otros. La actividad agrícola en el Estado se desarrolla bajo dos principales sistemas de riego: la zona sur utiliza principalmente sistemas de riego rodado donde el agua proviene de fuentes superficiales a diferencia de la zona noroeste del Estado, donde las condiciones climáticas obligan a los productores a utilizar sistemas de bombeo para la extracción de agua de pozos profundos. Lo anterior, ocasiona altos costos en el consumo de energía eléctrica utilizada para operar las bombas de irrigación lo que afecta el desarrollo de la actividad agrícola en esta zona. Este capítulo presenta una descripción de los patrones de producción de la agricultura regional del noroeste del estado de Sonora. De igual manera, se incluye una descripción de la relación existente entre el consumo de electricidad proveniente de fuentes fósiles y la contaminación atmosférica además de las afectaciones que tiene el cambio climático sobre la agricultura.

1.1 Distritos de Riego (DR) en Sonora

México cuenta con gran variedad de ríos y lagos, la instancia encargada de *“administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso”* (CNA, 2012) es la Comisión Nacional del Agua (CNA), misma que sustituye a la Dirección de Aguas, Tierras y Colonización (1917), la Comisión Nacional de Irrigación (1926), la Secretaría de

Recursos Hidráulicos (1946) y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1976).

En 1926 se crearon los Distritos de Riego en México, estos incluyen obras de infraestructura como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros (CNA, 2012).

Según la CNA, la región hidrológica administrativa a la que pertenece el Estado de Sonora es la II Noroeste, misma que cuenta con 7 distritos de riego de los cuales 6 se encuentran en Sonora: distrito Colonias Yaquis (no. 18) con una superficie total de 22,794 Ha, distrito Altar-Pitiquito-Caborca (no. 37) con superficie de 57 587 Ha, distrito del Rio Mayo (no.38) con 97 046 Ha, distrito del Rio Yaqui (no. 41) con 232 944 Ha, distrito de la Costa de Hermosillo (no. 51) con 66 296 Ha, distrito Guaymas (no. 84) con 16 667 Ha y por último tenemos al distrito de riego Papigochic (no. 83) que se encuentra en el estado de Chihuahua con una superficie de 8 947 Ha.

Según cifras de la CNA, en el año 2003 en la región administrativa Noroeste, había 64 acuíferos, de los cuales 18 estaban sobreexplotados y 5 presentaban intrusión salina. También la CNA (2010a) indica que del 100% del volumen de agua destinada a usos consuntivos¹, la agricultura emplea el 76.8% y su uso principal es destinado al riego de los cultivos. En el año 2008, Sonora se posiciona como el segundo estado de la república mexicana en volumen concesionado de agua para uso consuntivo, mismo que se eleva a 7430.2 hm³ (millones de metros cúbicos).

¹ El uso consuntivo según la CNA es la diferencia entre el volumen suministrado y el volumen descargado. (CNA,2010)



Ilustración 1. Distritos de Riego en México.

Fuente: CNA, 2015

1.2 Tipos de Riego en Sonora

Aunque Sonora se caracteriza por ser un estado principalmente ganadero, en 2011 figuró como el primer lugar nacional como exportador de productos primarios según la SAGARPA (2011).

Actualmente la agricultura sonorense contribuye notablemente con el ingreso estatal, ya que durante el año 2014 generó ingresos mayores a 27 mil MDP ubicándose en el sexto lugar nacional en cuanto al valor de la producción (SIAP, 2015).

Dentro de las poco más de 603,000 Ha dedicadas a la producción agrícola en el estado, los principales cultivos son trigo, cártamo, sorgo, alfalfa, maíz uva, garbanzo, sorgo forrajero, espárrago y papa ya que cuentan con los valores más altos en cuanto a la superficie cosechada, sumando entre los anteriores un total de 496,000 Ha lo que concentra el 82% de la superficie cosechada, la ilustración 2 muestra la superficie cosechada de cada cultivo al año 2014.

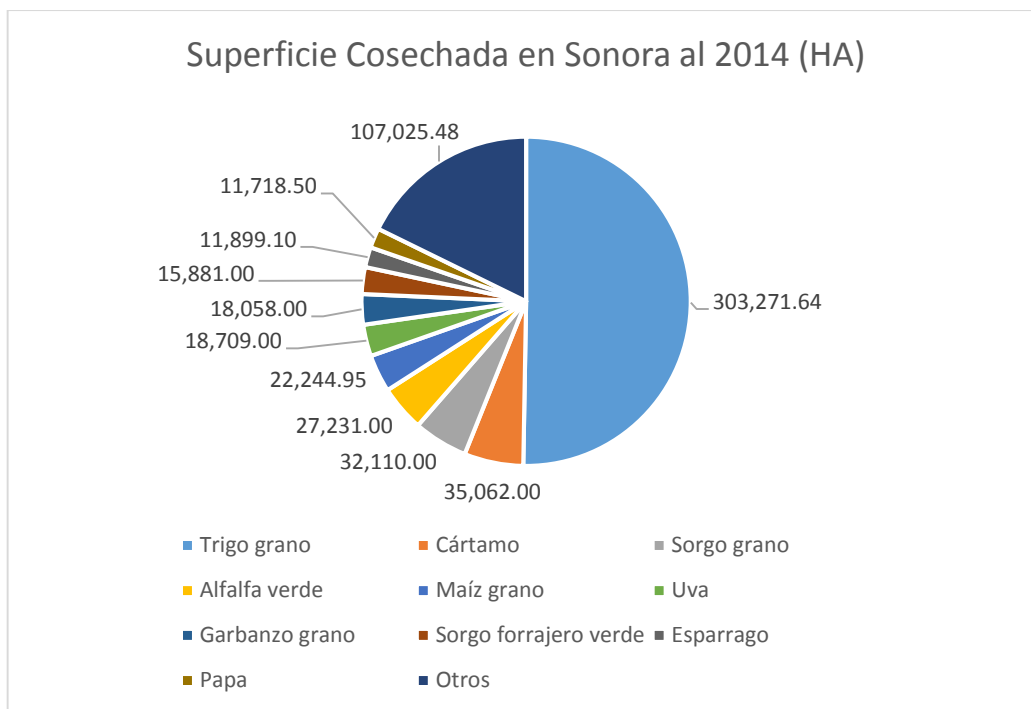


Ilustración 2. Superficie cosechada en Sonora.

Fuente: SIAP, 2015

Sonora se posiciona en el primer lugar nacional en producción de uva (69%), espárrago (58%), trigo (43%), cártamo (31%) y papa (22%). La distribución de los cultivos varía según la región y la disponibilidad de agua destinada a la producción agrícola. Por lo que es posible identificar principalmente dos tipos de riego según la región en la que se encuentre la superficie sembrada.

En la zona norte del estado de Sonora se encuentran la región No. 8, que comprende las cuencas de los ríos Sonora y Bacoachi (Valle de Hermosillo); Río Asunción o Magdalena (Valle de Caborca) y Río Mátape (Valle de Guaymas), esta región se caracteriza por tener un clima semidesértico lo que ocasiona que el riego sea casi exclusivamente por bombeo de pozos profundos; por otro lado se encuentra la región del Valle del Yaqui y Valle del Mayo en la zona sur del Estado, donde la presencia de cuerpos de agua es más abundante y por ende el riego por gravedad la más utilizada (comúnmente llamado riego “rodado”), cabe señalar que el riego por bombeo es utilizado únicamente como apoyo del anterior (Reyes y Quintero, 2009).

Según la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable del Estado de Sonora el aumento gradual en las profundidades de extracción genera entre el 10 y 15% de los costos totales de producción al incrementar los costos de energía eléctrica y mantenimiento de los sistemas de irrigación, lo que incurre en problemas económicos y medio ambientales (Reyes y Quintero, 2009). De ahí la conveniencia de analizar, desde una perspectiva eco-sistémica, la sustentabilidad ambiental de la agricultura convencional, cuando se sabe que varios acuíferos de la región noroeste del país están sobreexplotados y/o presentan intrusión salina (CNA, 2010a)

1.3 Agricultura en el Distrito de Riego 037 (Altar-Pitiquito-Caborca)

Sonora ha sido afectado por la reducción en las reservas de sus recursos hídricos, impactando la pérdida de competitividad de algunas regiones agrícolas como el distrito de riego 37, que comprende las localidades de Altar, Pitiquito y Caborca en el noroeste del estado (Ilustración 3).

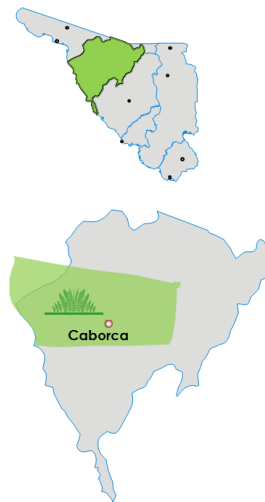


Ilustración 3. Distrito de Riego 037 (Altar-Pitiquito-Caborca).

El patrón de cultivos se ha modificado a lo largo del tiempo, ya que, en la década de los 60s del siglo pasado, los principales cultivos estaban adaptados a un menor uso de los recursos hídricos, pues destacaba la producción de algodón,

trigo, alfalfa, sorgo y olivo con un total de 65,000 Has cultivadas, posteriormente a finales de 1999 la producción agrícola sufrió modificaciones, pues el cultivo de alfalfa y sorgo fue eliminado al 100% y el algodón y trigo sufrieron la reducción del 80% de su superficie cultivada, por otro lado, se duplicó el cultivo del olivo y se comenzó a cultivar vid y espárrago así como frutas perennes. Quedando entonces los principales cultivos como vid (13,000 Ha), espárrago (6,500 Ha), algodón (6,000 Ha), trigo (4,000 Ha) y olivo (3,000 Ha). La modificación en la zona agrícola del DR037 obliga a intensificar la irrigación en la zona, lo que ocasiona una mayor explotación de los recursos hídricos en una zona semidesértica (Llano, 2000), práctica que demerita la sustentabilidad ambiental de una actividad económica que, en atención a los niveles de rentabilidad alcanzados, sigue siendo atractiva.

A partir del año 2010, los principales cultivos en esta región son trigo, alfalfa, espárrago, olivo-aceituna y vid de mesa y según cifras de la CNA (2010b), en 2010 el 98% de la superficie total irrigada utilizaba los sistemas de riego por bombeo proveniente de pozos profundos, sin embargo, para el año 2014 esta proporción se incrementó al 100% (CNA, 2015), en este sentido, los altos costos de electricidad en la región del DR037 ocasionaron que la operación de más de 300 pozos fuera suspendida por la Comisión Federal de Electricidad debido a la falta de pago, ocasionando el abandono del 40% de los campos agrícolas en dicha zona (Llano, 2000).

El distrito de riego 37 se distingue como productor de espárrago y aceituna (CNA, 2015) consolidándose como el primer lugar nacional en la producción de ambos cultivos, pues en esta región está concentrando el 49% y 44% del total producido a nivel nacional lo que representa una superficie cosechada de 8,588 Ha y 1,587 Ha, respectivamente (SIAP, 2015).

Otros cultivos importantes en cuanto a la superficie cosechada del DR037 son uva con 7,563 Ha, trigo grano con 4,091 Ha, alfalfa verde con 3,489 Ha y papa con 2,730 Ha.

En cuanto al valor de producción del DR037, la producción agrícola de todo el distrito representa más de \$5'646,961.04 miles de pesos, es decir, acapara el 21% del valor de producción estatal, misma que asciende a \$27'336,767.04 miles de pesos.

Tabla 1. Agricultura en el DR037.

Cultivo	Sup. Sembrada Nacional (HA)	Sup. Sembrada DR037 (Ha)	Producción Nacional (Ton)	Valor Producción Nacional (Miles de Pesos)	Valor Producción DR037 (Miles de Pesos)	Participación en la producción nacional	Participación en el valor de producción nacional
Esparrago	21,322.99	8,588.00	170,224.55	5,850,970.77	3,129,119.50	49%	53%
Uva	29,466.33	7,863.00	335,739.48	4,531,830.26	977,001.40	20%	22%
Trigo grano	713,032.79	4,091.00	3,669,813.71	12,455,035.15	63,918.89	1%	1%
Alfalfa verde	387,571.81	3,489.00	31,538,099.27	14,677,307.55	148,578.65	1%	1%
Papa	61,454.34	2,730.00	1,678,833.03	11,983,637.53	1,011,954.00	6%	8%
Aceituna	8,560.95	1,587.00	9,994.42	73,751.77	30,198.00	44%	41%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIAP, 2015

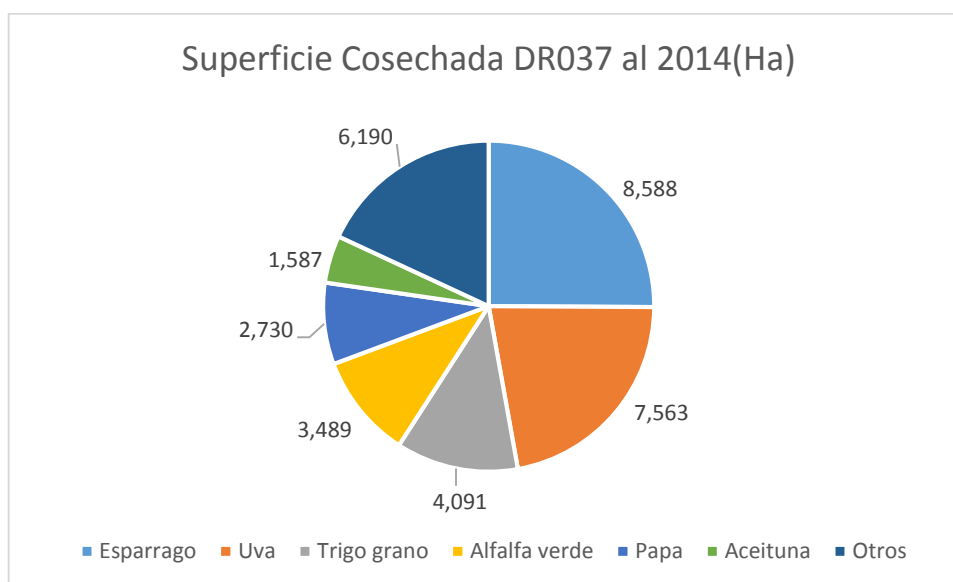


Ilustración 4. Superficie cosechada en el DR037 al 2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SIAP, 2015

1.4 Consumo de Energía Eléctrica en el Sector Agropecuario

El uso de energía² se posiciona como el principal contribuyente para la emisión de gases de efecto invernadero en Sonora seguido por la actividad humana sobre el ciclo del nitrógeno en la agricultura (COCEF, 2010).

En cuanto a la cantidad de la energía eléctrica utilizada el Balance Nacional de Energía de la Secretaría de Energía (2014) engloba la utilización de energía eléctrica por sectores:

- Residencial, comercial y público
- Transporte
- Industria
- Agropecuario

Desde 2009, la tendencia en el consumo energético nacional es al alza, por su parte, la participación del sector agropecuario en este rubro se ha mantenido relativamente constante pues es de 3% en el periodo 2009 al 2015.

El consumo energético nacional en el año 2014 fue de 5,128.01 PJ de los cuales el sector agropecuario consumió el 3.11% (159.48 PJ) y sobre ese monto, el energético mayormente utilizado fue el diésel con una participación del 73.5% y en segundo lugar se encuentra la electricidad con un 22.6% lo que representa un consumo de energía de 36.12 PJ equivalente a 10,033,341.36 MWh. Estas proporciones se han mantenido relativamente constantes desde el año 2009 según la SENER, la ilustración 5 muestra el consumo de energía del sector agropecuario comparado con el consumo final energético a nivel nacional.

² Se contempla la *generación de potencia, el transporte, la producción de combustibles fósiles y la exploración, así como el consumo residencial, comercial e industrial de combustibles primarios.* (COCEF, 2010)

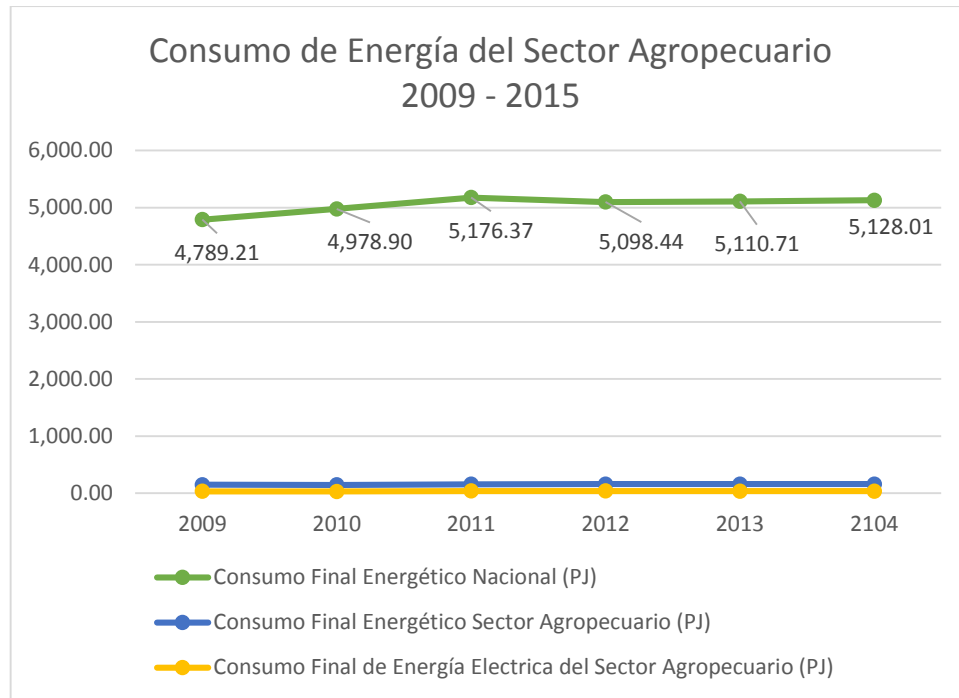


Ilustración 5 Consumo de Energía del Sector Agropecuario a Nivel Nacional.
Fuente: SENER 2011, 2015

En cuanto al consumo de energía eléctrica del estado de Sonora, en 2014 el Estado consumió un total de 35.561 PJ (9,878,100 MWh) según cifras del Gobierno Federal (2015: 707), sin embargo para conocer las cifras desglosadas únicamente se encuentran disponibles en el balance de energía más actualizado, mismo que se realizó en el año 2010 por la Comisión de Energía del Estado de Sonora (CEES), en este reporte el estado registró un consumo energético total de 31.20 PJ (8,666,667 MWh) y donde el sector agropecuario consumió un total de 3.76 PJ (1,044,444.44 MWh). Cabe destacar que a diferencia del consumo energético nacional donde el diésel se posiciona como primer lugar dentro de los energéticos más utilizados, en Sonora el 91% del consumo de energía corresponde a la electricidad (3.40 PJ) y el 8.8% al gas LP (0.33 PJ), esta diferencia se muestra en la ilustración 6.

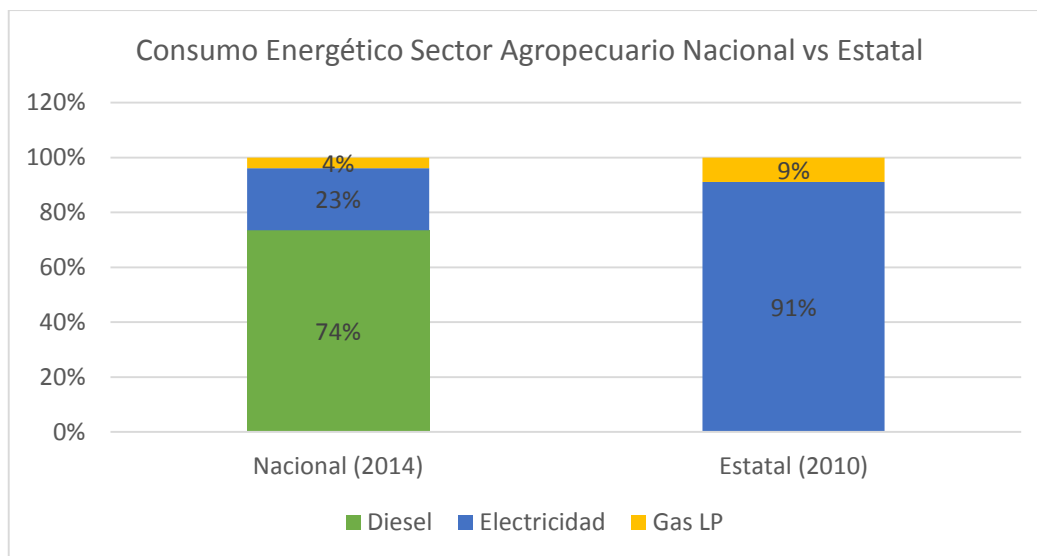


Ilustración 6. Consumo Energético del Sector Agropecuario

Fuente: SENER, 2015; COEES, 2010

Todo parece indicar que las diferencias del uso de en la energía eléctrica en el sector agropecuario a nivel nacional y estatal se deba principalmente a la disponibilidad del agua, ya que, la cantidad de energía requerida para la extracción de agua está relacionada directamente con la profundidad de extracción, es decir, a mayor profundidad de extracción mayor requerimiento de energía.

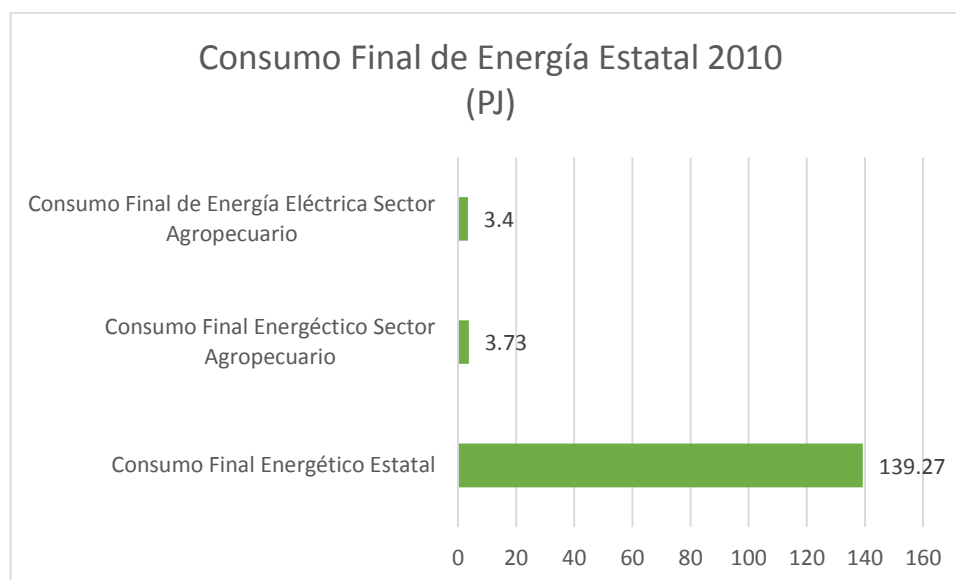


Ilustración 7. Consumo final de energía del sector agropecuario estatal 2010.

Fuente: CEES, 2010

La agricultura en México, cuenta con un subsidio que otorga CFE en coordinación con SAGARPA en apoyo a los productores agrícolas que utilicen energía eléctrica para la operación de los sistemas de irrigación con la finalidad de hacer más rentable la actividad agrícola (tarifas 9CU y 9N).

En México solamente en el año 2014, el monto destinado al subsidio agrícola ascendió a 13,427 Millones de pesos equivalente al 12% del monto total del subsidio a la tarifa de energía eléctrica (Gobierno Federal, 2015: 543), sin embargo, a pesar de estar destinado impulsar la productividad y el desarrollo de las actividades agrícolas en nuestro país, el subsidio³ afecta a la situación financiera de CFE ya que el monto de los aprovechamientos ha sido insuficiente para cubrir el monto del subsidio (CFE, 2014) lo que ocasiona rezagos en la modernización y expansión del sistema eléctrico nacional con recursos propios de la paraestatal (Rodríguez-Padilla y Sheinbaum, 2002), además que, en el caso de la tarifa agrícola, incrementa la utilización de equipo ineficiente y explotación de los recursos naturales (Olivarrieta, Watts y Sainz, 2010).

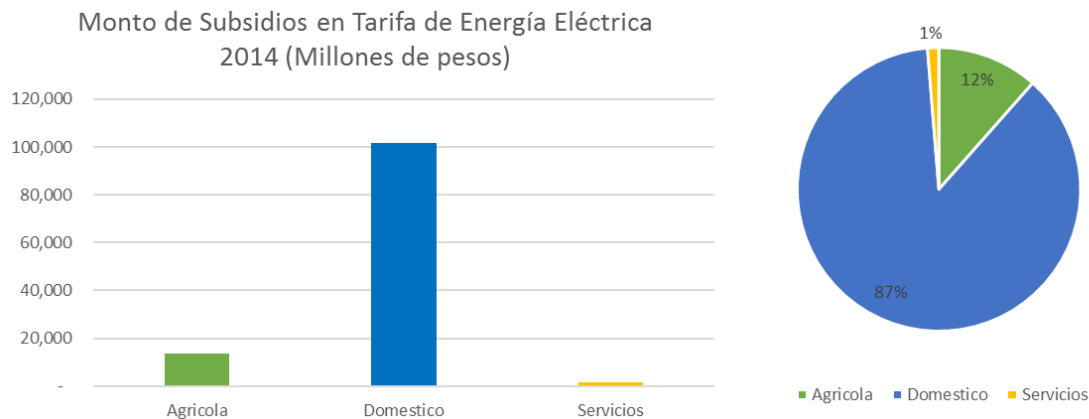


Ilustración 8. Monto de subsidios en tarifa de energía eléctrica en México 2014
 Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Gobierno Federal, 2015.

Las tarifas agrícolas de energía eléctrica (con subsidio) destinada a la operación de las bombas para riego, otorgan un descuento de hasta 90% en la facturación para todos los usuarios de la red de CFE que estén inscritos en el Programa

³ Englobando el monto de todos los subsidios otorgados por CFE (tarifas domésticas, comercial, servicio e industria)

Especial de Energía para el Campo en Materia de Energía Eléctrica de Uso Agrícola (PEUA) de SAGARPA para la obtención del subsidio.

1.5 Relación Consumo de Electricidad – Gases de Efecto Invernadero

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, engloba las emisiones de los sectores comercial, residencial y agropecuario según su consumo de energéticos y separa la agricultura por la afectación antropogénica sobre el ciclo del nitrógeno para estimar las emisiones de contaminantes (gases de efecto invernadero) a la atmósfera como consecuencia de la generación y consumo de electricidad generada a partir de fuentes fósiles.

La emisión de contaminantes a la atmósfera está relacionada con el consumo de combustibles utilizado para la generación de electricidad, desde al año 2000 se ha notado un incremento en las emisiones, así como en el consumo de electricidad. La ilustración 9 muestra la evolución del consumo nacional de energía y las emisiones asociadas al consumo de combustibles en el periodo del 2000 al 2010.

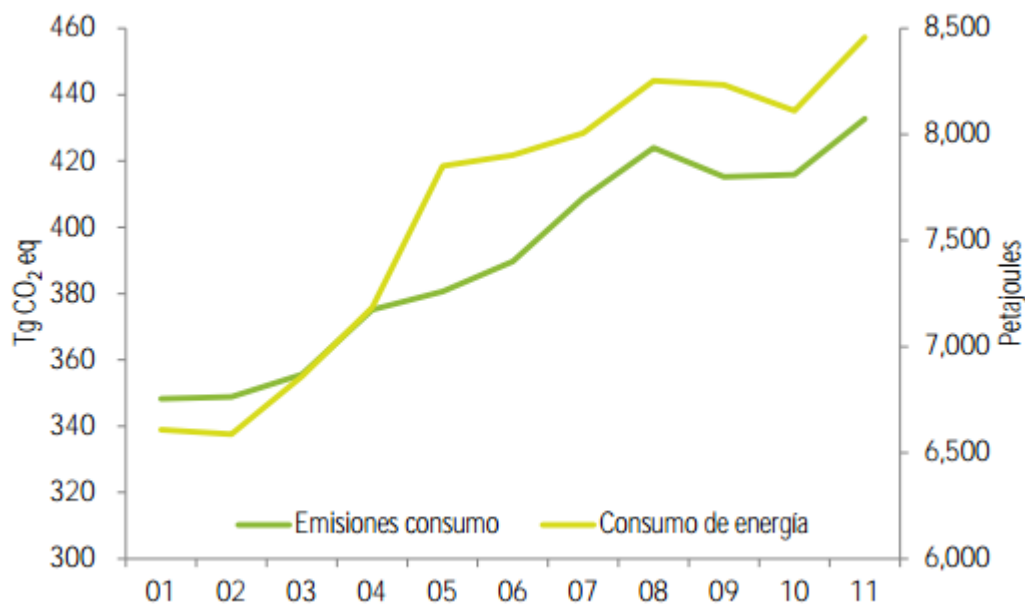


Ilustración 9 Evolución del consumo nacional de energía y las emisiones asociadas al consumo de combustibles 2001-2011

Fuente: SENER, 2011

A nivel nacional, el consumo de combustibles fósiles para la generación eléctrica provocó la emisión de 126,607 Gg de CO₂e (126.6 millones de ton) en 2013, cifra que se redujo en el año 2014 un 8.52% quedando en 115,809 Gg de CO₂e (115.8 millones de ton), lo anterior se debe a la modificación en el uso de los combustibles, es decir, incremento en el uso del gas natural, la disminución del combustóleo y el aumento de las energías renovables para la generación eléctrica (INECC, 2015).

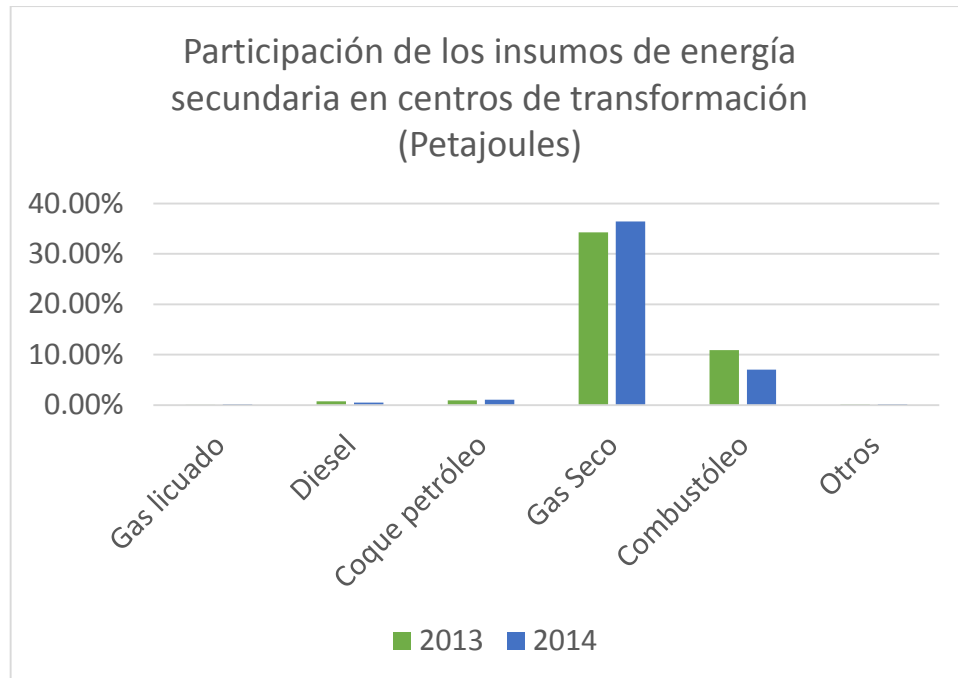


Ilustración 10. Participación de los insumos de energía secundaria en centros de transformación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INECC, 2015

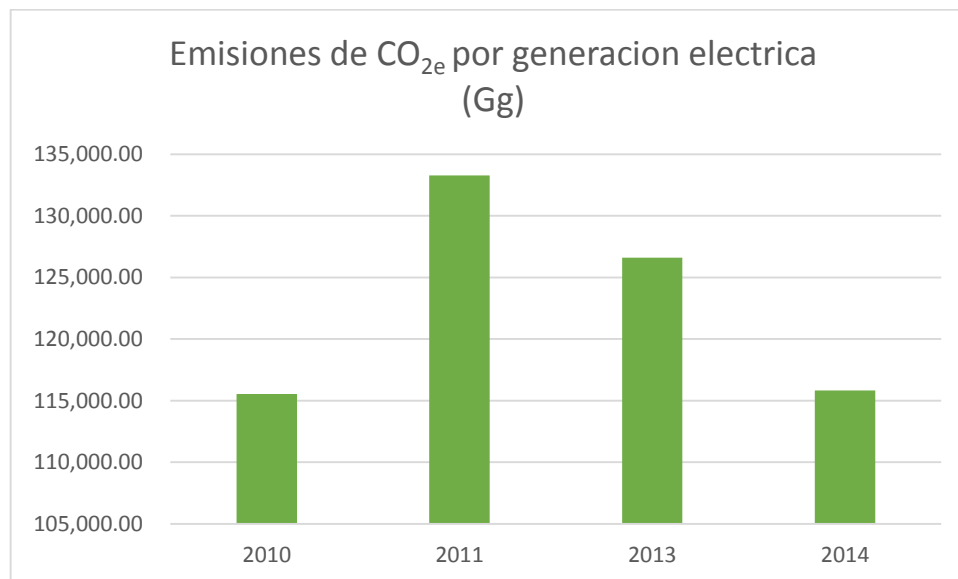


Ilustración 11. Emisiones de CO_{2e} derivado de la generación de electricidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INECC, 2015

La cifra más actual para el estado de Sonora en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero, data de 2005 donde generaron 684,000 Gg (6.84 millones de toneladas) de CO₂e derivadas del consumo eléctrico en todo el estado, el mismo reporte estimó las emisiones para 2014 en 996,000 Gg (9.96 Millones de Ton) (COCEF, 2010).

1.6 Afectaciones del Cambio Climático en la Agricultura

La contaminación ambiental es producto de nuestros hábitos productivos y de consumo, tienen como consecuencia afectaciones sobre el clima de nuestro planeta, a esto se le denomina cambio climático. Diversos autores concuerdan que este fenómeno se debe a causas antropogénicas.

Los fenómenos naturales que se han magnificado y que afectan directamente a la agricultura son heladas, inundaciones y sequias, siendo este último el fenómeno más recurrente y que su gravedad se debe principalmente al cambio climático (INE, 2007).

Diversos estudios en los cultivos de caña de azúcar, maíz, naranja, trigo, café y frijol a nivel global, indican que las modificaciones paulatinas de las condiciones principalmente de precipitación derivadas del cambio climático afectan al sector agrícola al incrementar los costos de producción y a su vez disminuir el rendimiento de los cultivos (INE, 2007). Por otro lado, las condiciones en el aumento de CO₂ internacionalmente, tienen un efecto positivo en la producción de ciertos cultivos (Galindo, 2009), además el aumento de la temperatura inicialmente también incurre en impacto positivo, sin embargo, los niveles de temperatura que permite obtener niveles óptimos de producción es probable que ya hayan sido rebasados (Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna, 2010) lo que entonces se traduce en un impacto negativo.

En el caso de México, los rendimientos en la producción agrícola tienen diferentes sensibilidades a la variación en temperatura y precipitación dependiendo de la

región. Los resultados de los estudios indican que, dentro de ciertos rangos, es posible compensar el incremento en la temperatura con un mayor volumen de agua (Galindo, 2009).

Para el DR037, el incrementar los volúmenes destinados al riego agrícola es un proceso considerado como insostenible, toda vez que los acuíferos se encuentran sobre explotados y la disponibilidad del agua cada vez es más escasa, además que los costos de extracción cada vez son mayores dado que el recurso hídrico se encuentra disponible únicamente en pozos profundos, lo que eleva cada vez más las profundidades de extracción de agua, además que eleva el requerimiento de energía para llevar a cabo el bombeo.

Aun considerando que los productores cuentan con la tarifa de energía eléctrica subsidiada (tarifa 9) para riego agrícola el costo de la irrigación es alto, además de que fomenta implícitamente la explotación no sustentable de los acuíferos y el uso de tecnología ineficiente de riego (Galindo, 2009), es urgente entonces combatir el cambio climático desde sus orígenes más que instaurar medidas de adaptación a este fenómeno ya que representa un riesgo para el bienestar humano así como la seguridad alimentaria a nivel mundial (Nelson *et al*, 2010).

Con toda la información contenida en este capítulo, se puede afirmar que el cambio climático es una variación en las condiciones climáticas de las regiones, diversos autores concuerdan que se debe principalmente a causas antropogénicas y que es ocasionado por la contaminación ambiental. Si bien se considera que algunas de los impactos del cambio climático en la agricultura son positivos y que los efectos negativos pueden combatirse sustituyendo algunos elementos de la producción como el agua., la poca disponibilidad de este recurso en el DR037 no propicia el medio para contrarrestar o adaptarse a las afectaciones del cambio climático en la agricultura de la región. De ahí lo urgente de revisar la utilización de tecnología que elimine las causantes del cambio climático desde su origen más que buscar una adaptación a este fenómeno, en este sentido se busca sustituir el abastecimiento de energía eléctrica de la región desde la planta Puerto Libertad, ya que su uso propicia la emisión de grandes

cantidades de gases de efecto invernadero en virtud de utilizar combustibles fósiles para la generación eléctrica, lo que ocasiona efectos negativos en el medio ambiente. Además de revisar críticamente, desde una perspectiva integral, ecosistémica, porqué se le sigue apostando a un esquema de producción agrícola que en lo ambiental tiende a mostrar varios síntomas de agotamiento; y considerar la posibilidad de transitar a otro patrón de cultivos o incursionar en otras actividades económicas menos dependientes del recurso hídrico.

II. SUSTENTABILIDAD POR MEDIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La generación eléctrica por medio de las energías renovables ha sido un tema incluido en las cumbres internacionales del medio ambiente ya que su utilización posibilita efectuar actividades productivas que llevan al crecimiento económico en los países sin incurrir en afectaciones negativas al medio ambiente.

El presente capítulo incluye una revisión sobre las metas internacionales y nacionales sobre la utilización de las energías renovables con el objetivo de lograr la sustentabilidad a escala internacional y nacional, además presenta las estrategias propuestas por el Gobierno Federal para el logro de los objetivos planteados. Con el fin de lograr un panorama del uso de la energía solar en la agricultura se incluye un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas elaborado a partir de información de varios autores.

2.1 Cumbres del Medio Ambiente: Impulso a las Energías Renovables

La generación de energía eléctrica, en su mayoría proviene de combustibles fósiles o hidrocarburos, como las reservas de petróleo y gas, éstos son considerados recursos estratégicos para mantener el ritmo de crecimiento de los países desarrollados, a pesar de generar contaminación y que tienen tendencia a agotarse. En nuestro país, la producción de energía eléctrica ocupa el segundo lugar como fuente de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) derivado de la transformación de combustibles fósiles en energía (SENER, 2015).

A partir del Protocolo de Kioto (1997), se reconoce que la protección del medio ambiente implica imponer restricciones a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Este resolutivo, obliga a los países a plantearse metas de

sustitución de su base energética convencional por energías renovables provenientes de fuentes no convencionales.

La Agencia Internacional de Energía (IEA) prevé una rápida expansión del uso de energías renovables, su suministro será incrementado en un 50% y los costos unitarios de generación con estas tecnologías disminuirán para el año 2035. Ello se sustenta en la adopción de las nuevas tecnologías y el desarrollo de economías de escala en la fabricación de equipos (SENER, 2012). En particular, se espera que los costos de la tecnología solar fotovoltaica en grandes centrales y sistemas integrados en edificios disminuyan considerablemente.

De acuerdo con Herrera (2013), el paradigma del desarrollo sostenible contempla la discusión básica sobre la relación entre el hombre y la naturaleza. Este enfoque tiene su origen en la crítica, evaluación y propuestas sobre los impactos de la producción y el consumo humano en el medio ambiente, los ecosistemas y la biodiversidad, sin dejar de lado el aspecto socioeconómico que permite desarrollo al mismo tiempo que minimiza el impacto nocivo sobre el medio ambiente.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) afirma que es necesaria una redefinición de las ventajas comparativas en función de la agenda ambiental, *“la reestructuración de los espacios regionales y subregionales a partir de la sostenibilidad y la necesidad de una ciudadanía más solidaria, reflexiva y activa en materia ambiental, que sea capaz de construir un nuevo pacto social en torno al desarrollo sostenible”* (CEPAL, 2000: 279).

La Agenda 21 firmada en *Cumbre de la Tierra* de Río de Janeiro en 1992, plantea acciones que deben de encaminar a los países hacia el desarrollo sustentable, es decir, la satisfacción de necesidades de las generaciones presentes sin afectar la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus necesidades (ONU, 1987). En esta conferencia se retoman los pronunciamientos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, así como del contenido de la publicación de la Organización de las Naciones Unidas *Our Common Future* mejor conocido como *Reporte Brundtland* de 1987, para enunciar los principios rectores del desarrollo para los

años venideros y el Protocolo de Kioto firmado en 1997 cuyo compromiso central es la reducción de las emisiones mundiales de GEI comenzando a escala local.

Tal escenario, plantea la necesidad de utilizar fuentes alternativas de energía, identificadas como energías renovables (ER)⁴, éstas tienen la característica de generar energía a partir de los fenómenos, procesos o materiales de la naturaleza, mismos que se regeneran naturalmente y cuya disponibilidad es continua. (SENER, 2009b). Las ER son generadas por el sol, el viento, el agua, la biomasa y el calor proveniente del núcleo de la tierra. De acuerdo con la Ley para el Aprovechamiento de Energía Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE, 2008), según el tipo de fuente utilizada la energía se puede clasificar en: solar (fotovoltaica, de alta concentración y térmica), eólica, hidráulica, bioenergía y geotérmica, respectivamente.

El Gobierno Mexicano retomó este enfoque de desarrollo sustentable y con la mira en la reducción del impacto ambiental, así como el impulso del desarrollo del país, decretó el Programa Sectorial de Energía 2013-2018 donde el ejecutivo plantea el objetivo de aumentar la participación de las ER en la capacidad de generación de energía eléctrica de 28.4% en 2013 a $\geq 34.6\%$. Por su parte, la Estrategia Nacional de Energía de la SENER (2013) prevé una capacidad de generación eléctrica con tecnologías limpias del 35% para 2024.

2.2 Programas Federales para el Aprovechamiento de las ER

Los beneficios del aprovechamiento de la energía solar para la generación de energía eléctrica radican principalmente en su “*naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución*” (Rodríguez, 2008), esto hace alusión a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) arrojados a la atmósfera

⁴ Siguiendo la primera ley de la termodinámica, la energía en sí no se renueva, lo que se renueva entonces es su fuente (caída de agua, vientos), el uso de las fuentes renovables de energía ha llevado a nombrarlas simplemente energías renovables. (SENER,2009b)

derivado de la utilización de combustibles fósiles, esto a su vez coadyuva a la mitigación del cambio climático.

En el contexto internacional, la Agencia Internacional de Energía (IEA) prevé una rápida expansión del uso de energías renovables, su suministro será incrementado en un 50% y los costos unitarios de generación con estas tecnologías disminuirán para el año 2035. Ello sustentado en la adopción de las nuevas tecnologías y el desarrollo de economías de escala en la fabricación de equipos (SENER, 2013). En particular, se espera que los costos de la tecnología solar fotovoltaica en grandes centrales y sistemas integrados en edificios disminuyan considerablemente.

En México, el tema de la utilización de energía renovable es un asunto que se ha tratado en la legislación y tiene el objetivo de reducir paulatinamente el consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad para que finalmente se sitúe en 50% para el año 2050.

Uno de los principales programas federales sobre este tema es el Pacto por México (Gobierno Federal, 2012), mismo que en su acuerdo “crecimiento económico, empleo y competitividad” promueve el uso de las energías renovables así como el ahorro de energía sustentado en la reducción del uso de combustibles fósiles que generan emisiones de dióxido de carbono y otros gases contaminantes a la atmósfera, lo anterior se retoma en el apartado “transitar hacia una economía baja en carbono” (compromiso 49) así como en el compromiso 60 donde se toma a PEMEX como eje contra la lucha del cambio climático al aplicar estrategias en pos de la utilización de energías renovables.

Además, el Gobierno Mexicano con un enfoque de desarrollo sustentable y con la mira en la reducción del impacto ambiental, así como el impulso al desarrollo del país, decretó el Programa Sectorial de Energía 2013-2018, donde el ejecutivo plantea el objetivo de aumentar la participación de las energías renovables en la capacidad de generación de energía eléctrica de 28.4% en 2013 a $\geq 34.6\%$. Por su parte, la Estrategia Nacional de Energía de la SENER (2013) retomando la Ley General de Cambio Climático prevé una capacidad de generación eléctrica

con tecnologías limpias del 35% para 2024, y en esa misma línea, la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) define un límite de generación fósil de 65% en 2024, de 60% en 2035, y de 50% en 2050.

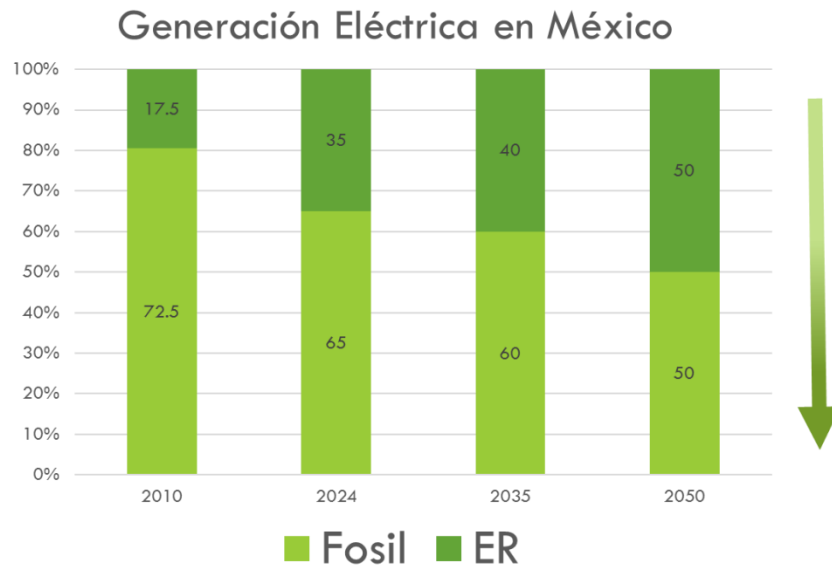


Ilustración 12. Meta de generación energética en México.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Gobierno Federal, 2012; SENER, 2013

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 tiene como estrategia general elevar la productividad para llevar a México a su máximo potencial. Entre sus metas que se relacionan con la utilización de las energías renovables (ER) están “México Próspero” y “México Incluyente” pues se pone como meta el abastecimiento de energía eléctrica a todas las comunidades del país. Esto conlleva a la promoción del uso de las ER “*mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas*” (Gobierno Federal, 2013), bajo este marco y conforme a la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) surge el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER) 2014-2018. El PAER, cita como elementos fundamentales el establecimiento de metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad, así

como los elementos necesarios y estrategias a seguir para lograr las metas. planteadas.

Entre otros aspectos, el PAER hace alusión al Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), mismo que ubica a la energía solar dentro de las principales cuatro ER en cuestión de generación de electricidad para el abasto del servicio público y de otros particulares, tomando en cuenta los recursos y potenciales probados, posibles y probables⁵. cabe mencionar, que como potencial posible, la energía solar sobresale con un potencial de 6,500,000 GWh, sin embargo, hasta el año 2012 su aportación era marginal pues es a partir de ese año que figura por primera vez en el citado inventario.

Según el PAER (2014), durante 2013 y el primer trimestre de 2014 se instrumentaron o ratificaron mecanismos de fomento o políticas que favorecen la inversión en energías renovables, y políticas de corte más amplio que resultan de importancia destacando las deducciones fiscales para inversión en capital, y los impuestos al carbono para la mayoría de los combustibles fósiles. Un ejemplo de ello, es el incentivo que plantea la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR) en su artículo 34 apartado XIII, establece la deducción de impuestos del “*100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente*”, siempre y cuando la maquinaria y equipo se encuentre en operación al menos 5 años.

2.3 Fuentes de Financiamiento y Apoyo para el Aprovechamiento de las ER

Por otro lado, el PAER (2014) también cuenta con una estrategia para “*Adecuar el entorno al financiamiento para facilitar el desarrollo de proyectos de energía*”

⁵ Potencial probado: aquel que cuenta con estudios técnicos y económicos que comprueban la factibilidad de su aprovechamiento; Potencial probable: aquel que ya cuenta con estudios de campo, pero por sí solos no son suficientes para comprobar su factibilidad técnica y económica; Potencial posible: el potencial teórico para el cual no existen ni estudios de campo u otros que permitan comprobar su factibilidad técnica y económica, ambiental y social.

renovable”, y *“Promover el desarrollo de esquemas de financiamiento para aprovechamiento de fuentes renovables con la participación de la banca de desarrollo y privada”*, en este contexto, dentro de la banca de desarrollo podemos mencionar a la Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND, antes Financiera Rural), cuyas Reglas de Operación (2014) contemplan la puesta en marcha del *“Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura”* en su subcomponente *“Diversificación Productiva Sustentable”*, mismo que dentro de los objetos de financiamiento, se encuentra la inversión en investigación y desarrollo de tecnologías que utilicen energías limpias (energía renovable) como son solar, eólica, hidráulica, geotérmica, entre otras. El fin del programa es elevar la rentabilidad de las actividades productivas, así como reducir y mitigar la huella ambiental de las actividades productivas en el medio rural⁶. Como requisito para acceder al financiamiento es tener garantía de pago (que puede ser directamente el objeto de financiamiento, que serían las celdas solares fotovoltaicas) y cumplir con lo estipulado en el contrato de crédito y las reglas de operación de la citada institución.

Bajo los mismos criterios y con el fin de lograr actividades económicas más sustentables, el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) dependiente de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA) y bajo el programa de *Fomento a la Agricultura* en el *Componente de Bioenergía y Sustentabilidad* otorga apoyos de hasta el 50% del costo del sistema para proyectos que utilicen energía solar fotovoltaica.

Por otro lado, desde 1990 existe el Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE), el cual entrega certificados o sellos de eficiencia y ahorro energético a las empresas que participen voluntariamente en sus programas. Este organismo fue constituido por iniciativa de la CFE para coadyuvar con acciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. Está compuesto por

⁶ Fuente: Financiera Rural, Gobierno Federal.

cinco fideicomitentes (CONCAMIN, CANACINTRA, CANAME, CMIC, CNEC y SUTERM⁷), una fiduciaria (Nacional Financiera, S.N.C.) y los fideicomisarios (CFE y consumidores beneficiados) así como un del consejo técnico mismo que está formado por un presidente, un vicepresidente, un representante de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), un representante de la CFE, un representante de cada uno de los fideicomitentes, cinco vocales seleccionados de las empresas afiliadas a los fideicomitentes, un representante de la fiduciaria.

Dentro de sus objetivos enfocados a la utilización de energía renovable, se encuentra *“dar financiamiento programas y proyectos de eficiencia energética (eléctrica y térmica), cogeneración y generación distribuida con fuentes renovables en industrias, comercios, servicios y vivienda”, “coadyuvar en el fortalecimiento de la cultura del ahorro y el uso eficiente de la energía en la población”, “Incursionar en la investigación aplicada y en la innovación tecnológica en ahorro, uso eficiente de la energía y generación distribuida con fuentes renovables”, “Ampliar la presencia internacional del FIDE en materia de asistencia técnica, capacitación en eficiencia energética y aprovechamiento de fuentes renovables de energía”*. (FIDE, 2015a).

El FIDE cuenta con dos programas, el de eficiencia energética y el de eco-crédito empresarial. El primero se enfoca en la atención y asesoría para la modernización de instalaciones, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, que permitan disminuir el impacto ambiental negativo de las instalaciones eléctricas ineficientes. Participan en este programa el FIDE y la CFE, dentro de los diversos equipos a financiar se encuentran equipos de refrigeración, de ventilación, transformadores, bombas para pozos, los generadores de energía eléctrica con fuentes renovables en pequeña escala (hasta 500 kW), entre otros. El monto

⁷ CONCAMIN: Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos
CANACINTRA: Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
CANAME: Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas
CMIC: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción
CNEC: Cámara Nacional de Empresas de Consultoría
SUTERM: Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana

máximo a financiar, la tasa, el plazo y el tipo de cobro del financiamiento dependen de la capacidad de pago de la empresa solicitante.

El programa eco-crédito empresarial está enfocado al apoyo del sector empresarial y productivo nacional para la sustitución de equipos ineficientes, así como la adquisición de equipos de alta eficiencia aprobadas por el FIDE. Participan en este programa la Secretaría de Energía, Secretaría de Economía, Nacional Financiera, Comisión Federal de Electricidad y el FIDE. La variedad de equipos a financiar es menor, solamente se puede requerir para la sustitución o adquisición de: refrigeración comercial, Aire acondicionado (de 1 a 5 toneladas de refrigeración), Iluminación con LED's (en paquete con alguna de las tecnologías anteriores), Iluminación Eficiente (T8/T5), Motores Eléctricos, Subestaciones Eléctricas, Bancos de Capacitores. El monto máximo de financiamiento es de \$400,000 pesos, el plazo es a 4 años y la vía de pago es por medio del recibo de luz (CFE). Cabe destacar que, para el caso de la sustitución de equipos ineficientes, se otorga un bono (chatarrización) de hasta el 10% sobre el costo del equipo sustituido, el cual se descuenta del saldo insoluto del crédito.

Dentro de los resultados del FIDE para 2014 se encuentra la instalación y operación de 294 proyectos de generación de energía eléctrica con fuentes renovables, de los cuales, 132 fueron proyectos de energía fotovoltaica en residencias, 161 en empresas y un proyecto de cogeneración (FIDE, 2015b).

2.4 Aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica (ESFV) en Sonora

México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional, situación que resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar, ya que la irradiación global media diaria en el territorio nacional es de alrededor de 5.5 kWh/m², colocando al país dentro de los primeros lugares en capacidad de aprovechamiento de energía solar en el mundo.

A nivel nacional, Sonora se encuentra dentro de los dos primeros lugares de radiación solar mismos que oscila entre 6 y 8 kWh/día/m² (SENER, 2010), esto genera radiación de más de 2200kWh/m² anuales uno de los mayores a nivel mundial (CIEMAT, 2008), se compara con la registrada en el desierto del Sahara, en el desierto de Atacama en Chile, o bien en Sudáfrica y en Australia (Agencia Informativa CONACYT, 2014).

La localización del estado de Sonora en un área privilegiada para el aprovechamiento de la energía solar, así como su clima semidesértico representa una ventaja comparativa más que una desventaja como se ha visto tradicionalmente en función de las horas luz y la cantidad de radiación directa que recibe la superficie en comparación con otras zonas.

En la ilustración 13 se observa la radiación solar media anual a escala global.

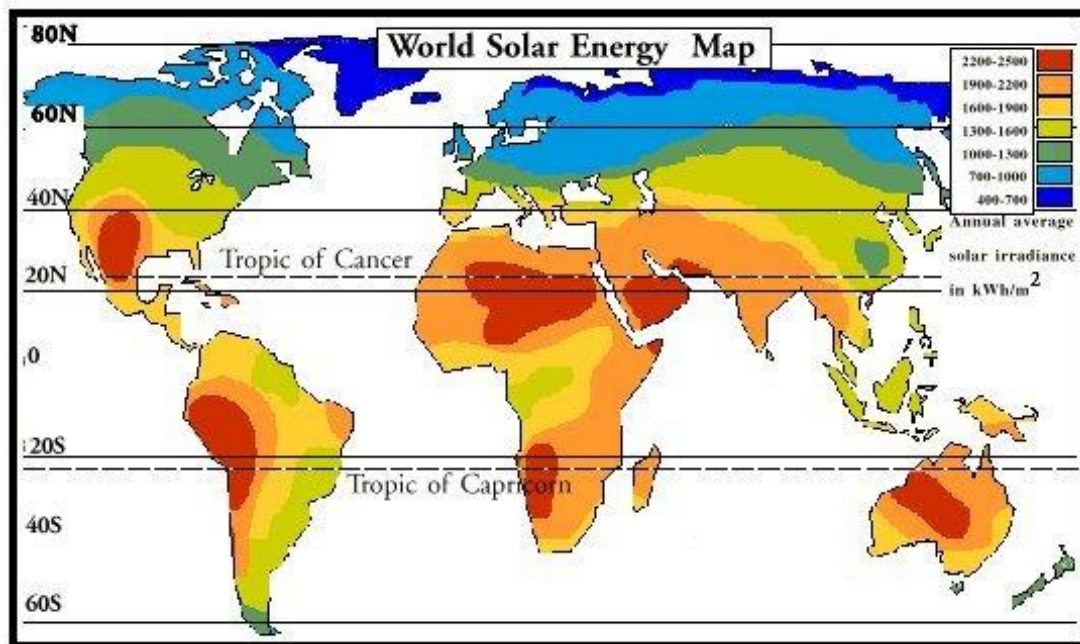


Ilustración 13. Cantidad de Radiación Solar a Escala Global.

Fuente: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas CIEMAT (2008)

2.5 Proyectos de Energía Solar en Sonora

Las energías renovables representan una gran oportunidad de inversión, sustentado no sólo en los beneficios socio-económicos sino también los medioambientales. La Secretaría de Economía (2013) indica que en lo relacionado a proyectos que involucran energías renovables, México se coloca dentro de los cinco países más atractivos como destinos de inversión en este rubro en América Latina.

A continuación, se presentan algunas experiencias regionales en la instalación de tecnología solares y cómo han impactado en la región.

Campo de Helióstatos, UNISON

El estado de Sonora destaca por su elevada radiación solar directa, a nivel mundial se posiciona dentro de las zonas que mayor radiación solar recibe, junto con el desierto del Sahara y el desierto de Atacama (Chile). Este hecho, es el que impulsó la instalación del primer campo de pruebas de helióstatos en América Latina, justamente en el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (UNISON, 2011).

Este proyecto surge a raíz de la convocatoria hecha por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en 2006 para la creación del Laboratorio Nacional de Concentración y Química Solar, mismo que además del campo de pruebas de helióstatos contempla otras dos instalaciones: el horno solar de alto flujo y la planta fotocatalítica (ambos ubicados en la UNAM en Taxico, Morelos).

El campo de helióstatos, incrementa la temperatura de un fluido, al generar vapor se mueve una turbina que genera la energía eléctrica, esta electricidad para usarse en procesos de desalación de agua de mar, sistemas de refrigeración y equipos de secado, principalmente (UNISON, 2011).

Según Cabanillas (2008), su instalación se considera de gran importancia para la industria nacional, pues el hecho de poder contar con instalaciones apropiadas para el estudio no solo de concentradores solares, sino de otros equipos solares

favorece la investigación, además la utilización de estas instalaciones representa un atractivo para compañías privadas o desarrolladores particulares.

Agua Prieta II

El proyecto de concentración solar Agua Prieta II involucra la captación de la energía solar con el fin de generar energía eléctrica, es un proyecto *“propuesto por la Comisión Federal de electricidad para contribuir a satisfacer la demanda de energía eléctrica esperada en el área Noroeste y para mantener los márgenes de reserva regional en niveles que cumplan con los estándares requeridos por el sistema”* (CFE/SEMARNAT, 2006).

Contribuirá a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mediante la instalación de un sistema solar integrado de ciclo combinado (ISCCS) -combinado con gas natural- con tecnología de canales parabólicos solares (SENER y Gtz, 2009).

Contempla la tecnología de concentración solar y la construcción de una planta de concentración solar de ciclo combinado (ISCC), esta tecnología combina los beneficios de la energía solar con los beneficios del ciclo combinado (utilización de gas natural como combustible), es un proyecto propio de la Comisión Federal de Electricidad, su construcción inició en el año 2011 en el km 5 de la carretera federal no. 2 Agua Prieta-Cananea, en el municipio de Agua Prieta, Sonora. Según la SENER, su capacidad será de 10 MWT, estando el campo solar al 100% de carga integrado al ciclo combinado.

Plantea la posibilidad de empleo para 120 personas entre técnicos, operadores y administrativos, además de fuentes de empleo indirectas para la región.

Según el Informe Anual al año 2014 de la Comisión Federal de Electricidad, la construcción de este parque se encontraba con un avance del 92.2% para el parque de centro combinado y del 87.3% para el parque solar (CFE, 2014).

Parque solar Santa Inés

Es un proyecto de la empresa *Pacific Global Energy, S.A* que contempla la instalación de una granja de energía solar fotovoltaica interconectado a la red eléctrica que prevé la generación de 25MW de energía limpia –suficiente para abastecer a 10 hospitales medianos, 10 hoteles medianos y 10 naves industriales de tamaño medio-, estará ubicado a 60 km al oeste de Hermosillo en la comunidad de “El Sahueso”, Miguel Alemán, Sonora. El lugar era un antiguo terreno agrícola con un tamaño de 250 acres (aprox. 1 km² o 100 Ha). Será desarrollado en tres etapas, la primera para la generación de 6MW de corriente alterna (CA), la segunda de 12MW CA y la etapa final para 6.7MW CA.

Se espera que este proyecto quede terminado en su totalidad para marzo de 2016 y comience su operación comercial completa para abril de 2016, con su operación se estima la reducción anual de entre 28,000 y 32,900 Ton de GEI⁸.

2.6 Energía Solar para el Riego por Bombeo

La agricultura practicada en los distritos de riego (DR) 37, 51 y 84⁹, establecidos en la porción noroeste de Sonora, se apoya en sistemas de riego por bombeo. En esta zona caracterizada por su clima semidesértico, se corrobora el incremento de los costos de energía eléctrica consumida en la extracción de agua por bombeo en pozos profundos.

Con el objetivo de incrementar la producción de alimentos y hacer rentable la agricultura, el Estado mexicano ha establecido subsidios y apoyos a las unidades productivas agropecuarias, afectadas por los altos costos de energía eléctrica. La Comisión Federal de Electricidad, contempla apoyos y tarifas preferenciales

⁸ Recuperado de http://www.mmelectric.com.mx/PGE/web/solarproject_eu/index.html el 30/10/2015

⁹ DR37: Altar-Pitiquito-Caborca; DR51: Costa de Hermosillo; DR84: Guaymas-Empalme. Fuente: CNA, 2010b

para los productores de zonas agrícolas para la operación de sus sistemas de riego por bombeo, sin embargo, aun con los subsidios las tarifas han ido incrementando el precio por KW consumido, además algunos análisis han puesto de relieve la incidencia de impactos ambientales adversos a raíz de la utilización de estos subsidios, que recae en la sobreexplotación de los acuíferos (Olivarrieta, Watts y Sainz, 2010).

El alza en el costo se ha podido observar, por ejemplo, en la Tarifa 9 CU (Tarifa de estímulo para riego agrícola con cargo único), pues el precio ha variado de 0.34\$/KWh a 0.54\$/KWh en 2015, lo que se traduce en un incremento del orden del 5% anual. Por otro lado, los Kw adicionales al monto del subsidio se cobran según la tarifa 9 donde la variación en el incremento del precio por Kwh ha sido del 21% anual. En la tabla 2 se puede apreciar el precio medio de cada una de las tarifas con estímulo con mayor detalle.

Tabla 2. Precio medio facturado por tarifa del Sistema Eléctrico Nacional

Tarifa/Año	2010	2011	2012	2013	2014
Doméstico					
1	1.06	1.09	1.07	1.05	1.09
1A	0.04	0.99	0.99	0.98	1.02
1B	0.96	1.01	1.01	1.00	1.05
1C	1.03	1.10	1.09	1.08	1.13
1D	1.00	1.07	1.07	1.06	1.12
1E	0.87	0.92	0.92	0.91	0.97
1F	0.85	0.89	0.89	0.91	0.94
DAC	3.18	3.41	3.65	3.63	3.74
Comercial					
2	2.61	2.78	2.97	3.00	3.09
3	2.29	2.40	2.53	2.58	2.66
7	3.97	4.26	4.74	4.21	4.46
Servicios					
5	2.48	2.70	2.84	2.91	3.18
5A	2.06	2.17	2.35	2.50	2.64
6	1.43	1.50	1.59	1.69	1.79
Agrícola					
9	1.49	1.39	1.93	2.75	3.38
9M	1.09	1.39	1.65	1.36	1.34
9CU	0.43	0.53	0.56	0.51	0.55
9N	0.40	0.45	0.47	0.48	0.42

Fuente: SENER, 2015

Para evitar estos problemas ambientales, tomando en cuenta que la disminución de la tarifa de energía eléctrica contribuye a elevar la producción, existe la necesidad de identificar una fuente de energía que cumpla con ambas características: que sea amigable con el medio ambiente y que disminuya los costos de operación por concepto de energía eléctrica.

Una opción que cumple con ambas condiciones es el aprovechamiento de la energía solar para la generación de energía eléctrica que puede ser utilizada para el funcionamiento de las bombas de riego.

Sonora no es el único lugar donde el bombeo operado por energía solar es una alternativa sustentable para la reducción de los costos operativos, situando lo anterior a escala internacional específicamente en la localidad del Valle de Colchagua, zona central de Chile, el viñedo “Hacienda Araucano”, analizó la posibilidad de utilizar un sistema de riego fotovoltaico debido a que el costo de la energía eléctrica para la operación de las bombas de riego incrementaba los costos operativos en 14% anualmente (Lorentz, 2012). En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para el año 2012.

Tabla 3 Objetivos y resultados de la implementación de sistema de riego fotovoltaico en un viñedo en Chile

Objetivo	Resultado
Disminución de costo de operación por concepto de energía eléctrica que aumentan en 14% anual	No se necesita el consumo de energía eléctrica a compañías externas, lo que deriva en el ahorro de USD 40,000 anuales.
Cuidado del medio ambiente	Se redujeron las emisiones de gases de efecto invernadero al no utilizar combustibles fósiles
Incrementar la productividad	El riesgo de daños por causa de la sequía en las viñas y en la producción de vinos se ha reducido enormemente.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Lorentz, 2012

En la región, en la comunidad de Rayón, Sonora se llevó a cabo un estudio de factibilidad operativo, técnico y económico en la utilización de sistema de riego fotovoltaico, donde los resultados más representativos son los siguientes (Elenes, 2012):

- El 100% de los productores encuestados vieron mermadas sus ganancias

- El 50% de ellos ha sufrido de pérdidas económicas debido al alto consumo de energía eléctrica derivado de sus actividades agrícolas.
- Mediante el uso de energía solar para la generación de energía eléctrica, se puede reducir el impacto del costo de operación de los agricultores mediante el uso de las fuentes de ER para la generación de energía eléctrica.

En ambos casos la utilización de la ER para el funcionamiento de las bombas de riego, coadyuvó a incrementar los márgenes de competitividad además que creó la posibilidad del desarrollo en la región a través de la creación o conservación de empleos, cabe mencionar que el estudio de Elenes (2012) únicamente consideró el costo del equipo para la generación de energía eléctrica con energía solar, no se consideraron las tarifas preferenciales a las que están sujetos los productores agrícolas (subsidios).

En relación a las ER en la agricultura, Elenes (2012) indica que se deben promover las fuentes renovables de energía en esta actividad ya que su utilización desencadena una reducción en los gastos provenientes del cuidado del cultivo, así como la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Es manifiesta la importancia de incorporar sistemas de generación energética a partir de fuentes renovables que contribuyan a atenuar el daño al medio ambiente y a promover la sustentabilidad de la actividad agrícola, el anexo 1 presenta un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) de la incorporación de la energía solar fotovoltaica en la agricultura. La ausencia de referencias académicas sobre el uso de energía solar fotovoltaica (ESFV) en la agricultura regional de riego por bombeo conectado a la red eléctrica, justifica la importancia de la creación y sistematización de conocimientos con base científica que respalden, el diseño e implementación, de estrategias de desarrollo sustentable en el Distrito de Riego 037.

2.7 Bombeo con ESFV con Apoyo de Programas Gubernamentales en Sonora

La Comisión de Energía del Estado de Sonora es el organismo público que se encarga del fomento, apoyo a la investigación, desarrollo, innovación y aplicación de fuentes renovables de energía y eficiencia energética en el estado (COEES, 2016), sin embargo, aun cuando la Ley de Fomento de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Estado de Sonora establece que este organismo estará encargado de elaborar el Programa Estatal de Fomento de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Estado de Sonora mismo que contará con fondos estatales establecidos en el presupuesto de egresos estatal (LFEREEES, 2009), a la fecha no ha sido publicado ni se han ejercido recursos para ese fin.

Por otro lado, existen dependencias federales instaladas en el estado que gestionan recursos para la utilización de las ER, por ejemplo, del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) desde el año 2009 en Sonora se han logrado instalar 60 proyectos que involucran el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en zonas rurales, de los cuales 3 corresponden a la adquisición de refrigeradores solares, 25 para adquisición de sistema fotovoltaico interconectado a la red y 32 proyectos para la adquisición de sistemas autónomos de bombeo, cabe señalar que estos últimos tienen como objetivo el bombeo de agua para abrevadero de ganado. El anexo 2 contiene la información detallada de estos proyectos.

2.8 Proveedores de Energía Solar en Sonora

México cuenta con la base manufacturera de módulos fotovoltaicos más grande América Latina, entre las principales empresas desarrolladoras de energía fotovoltaica se encuentran: Abengoa, Abener, DelSol Systems, Microm e Iberdrola (SE, 2012).

En la ciudad fronteriza de Tijuana, Baja California, gracias a su cercanía con Estados Unidos se instalaron los principales productores de tecnología solar fotovoltaica a nivel nacional (Zárata y González, 2013), se destaca tres

compañías productoras de módulos de energía fotovoltaica: Kyocera (Japón), Unisolar (EUA) y Siliken (España). Estas compañías producen mensualmente un aproximado de entre 10 y 30 mil módulos de energía solar fotovoltaica, lo que genera entre 2 y 6 MW de energía.

Según el resultados que obtuvieron Zárate y González (2013), para los sectores industrial, comercio y de servicios, la energía solar fotovoltaica se posiciona como la más conocida dentro de los fuentes de energía renovables, sin embargo, existe poca información para su utilización además que los encuestados consideran que el costo de la infraestructura necesaria para la operación de los sistemas solares fotovoltaicos es elevado, aun cuando existen incentivos fiscales para su adquisición y utilización.

La cercanía con Baja California es una ventaja con la que cuenta el estado de Sonora, donde existen 27 empresas dedicadas a la venta, instalación y mantenimiento de paneles solares fotovoltaicos en funcionamiento al mes de noviembre de 2015, es de esperarse que la mayoría de las sucursales se encuentren en la capital ya que en Hermosillo se encuentran 19 negocios, lo sigue Caborca con 4, Ciudad Obregón con 3, Nogales con 3, Puerto Peñasco con 1 y San Luis Rio Colorado con 1 negocio. En el Anexo 3 se muestran los datos de cada una de las empresas en Sonora, cabe mencionar que las marcadas con un asterisco (*) están certificadas por FIRCO para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos.

Si bien existe disponibilidad en cuanto a la oferta de tecnología solar fotovoltaica, en el caso de las actividades primarias del estado de Sonora, los actores productivos que cumplen los requisitos para ser beneficiarios de apoyos o programas públicos, han instalado proyectos fotovoltaicos para el bombeo de agua. Al igual que en algunos casos internacionales (B. Van Campen, D. Guidi y G. Best, 2000; Rogerio, Brown, Mujica, Mata, Osorio, 2015; Chel ,2011, los proyectos instalados en Sonora en su mayoría estos proyectos son pequeños donde el agua es utilizada principalmente para el abrevadero de ganado o para la irrigación de pequeñas porciones de tierra (menores a 2 Ha). Cabe destacar,

que en los sistemas de bombeo utilizado son sistemas fotovoltaicos autónomos, es decir, no se encuentran conectados a la red de Comisión Federal de Electricidad.

III. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL

La explotación de la naturaleza con el fin de satisfacer las necesidades de los seres humanos se remonta hasta los procesos donde el hombre aprendió a utilizar tecnología en la agricultura. La valoración ha pasado por varias etapas, desde las corrientes económicas neoclásicas donde la naturaleza solamente adquiriría valor en función de su capacidad para producir bienes, este hecho no consideraba las afectaciones al medio ambiente derivados de los procesos productivos. La economía ambiental critica a la economía neoclásica e introduce el concepto de externalidades con el fin de agregar un valor de mercado a los impactos negativos que los procesos productivos ocasionan en la naturaleza. Por otra parte, la economía ecológica reconoce los esfuerzos de la economía ambiental además considera que el mercado obedece las leyes de la naturaleza por lo que en los sistemas productivos siempre existe un desperdicio y una reutilización. Por otra parte, la economía ecológica afirma que no se puede asignar un valor de mercado a todo el capital natural dado que existen condiciones sociales para el uso de la naturaleza. En este sentido, las técnicas de valoración de los servicios ambientales permiten tomar decisiones sobre el uso eficiente de los recursos y de esta manera maximizar el bienestar social de acuerdo a los fundamentos de la economía ecológica y al principio de sustentabilidad donde el principal objetivo es lograr la interacción entre equidad, justicia distributiva, cuidado al medio ambiente y crecimiento económico. Este capítulo presenta una revisión de los conceptos mencionados anteriormente y describe de qué manera está relacionado la valoración de los servicios ambientales con el principio de sustentabilidad, haciendo énfasis en los fundamentos de la economía ecológica.

3.1 De la Economía Neoclásica a la Ambiental

Prácticamente desde los fundamentos del pensamiento económico la tierra es considerada como un sustento de la existencia humana. El pensamiento fisiocrático francés (segunda mitad del siglo XVIII) asumía que la creación del orden social natural tenía que ver con los beneficios que se obtenían directamente de la tierra y el trabajo ejercido por las personas sobre esta (Costanza, Cumberland, Daly, Googland y Norgaard, 1999), es decir, la economía sólo se ocupa de aquello que “*siendo de utilidad directa para los hombres, resulte además apropiable, valorable y productible*” (Naredo, 1994:233).

Los economistas clásicos, como Adam Smith, con una visión antropocéntrica y cuya teoría se centraba en la metáfora de la “mano invisible”, únicamente consideraban el valor de los bienes en función de la utilidad que proporcionan, sin estimar los impactos sobre la naturaleza ocasionado por la misma producción de los bienes. La economía neoclásica considera la sustitución de los recursos naturales finitos por medio de la conversión de estos en capital utilizando tecnología. Posteriormente, Robert Malthus con su *ley de la población* y David Ricardo con la *ley de los rendimientos decrecientes*, afirmaban que los recursos naturales no eran infinitos y que, aun utilizando mejor tecnología y más capital, el incremento de la población causaría un grave impacto sobre la naturaleza al grado de eventualmente terminar con ella (Buendía, 2002).

De esta manera, la economía neoclásica se abre a una visión que requiere un nuevo enfoque que involucre la valoración del medio ambiente y sus afectaciones derivadas de los procesos de satisfacción de las necesidades humanas; como después lo afirmara Leff (1998) es evidente la necesidad de revalorización de la naturaleza que conlleva a internalizar las externalidades socio ambientales al sistema económico, en otras palabras, otorgarle un valor económico a aquellos bienes de la naturaleza que intervienen en el proceso productivo.

La economía neoclásica no otorga un valor de mercado al medio ambiente ya que su uso y disfrute carecen de valor monetario, lo que los convierte en recursos

públicos cuyo valor de uso y degradación, deben ser pagados por la sociedad (Haro-Martínez y Taddei-Bringas, 2014), en otras palabras, no está sujeta de apropiación privada, lo que se considera una externalidad (Hernández, 2014).

Las externalidades son impactos que genera la provisión de un bien o servicio y que afectan a un tercero, estas ocurren cuando “*los costos o beneficios privados a los productores o compradores de un bien o servicio son diferentes de los costos o beneficios sociales totales que involucran su producción y consumo*” (DOF, 2012: 9); es decir, cuando la actividad de una persona repercute sobre el bienestar de otra (positiva o negativamente) sin tener derecho a hacer una transacción económica (cobrar o pagar) relacionada con dicha actividad (Azqueta, 2002 citado en Haro-Martínez y Taddei-Bringas, 2014).

Las evidentes repercusiones negativas de la producción sobre la naturaleza forzaron a la economía neoclásica a transitar hacia la economía ambiental, donde se incorpora la variable ambiental sin renunciar al objetivo de crecimiento económico (Haro-Martínez y Taddei-Bringas, 2014) a través de la valorización de los bienes naturales (ahora sujetos a la ley de la oferta y la demanda), lo que finalmente se traduce en la incorporación del medio ambiente y los recursos naturales como otro bien de capital (Chang, 2005 citado en Hernández, 2014).

La finalidad de la economía ambiental es entonces internalizar los costos ambientales de los procesos productivos con el objetivo de disminuir los impactos nocivos sobre el medio ambiente ocasionados por la producción, sin menoscabo de disminuir los niveles rentables de esta última (Pérez Ríos, 2000).

Es entonces que, la economía ambiental toma el medio ambiente como parte de un sistema cerrado donde es proveedor de materias primas y receptor de productos de desecho (Haro Martínez, 2006).

3.2 De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica

Para aplicar la lógica la economía ambiental es necesario otorgarle un valor a los bienes que integran el medio ambiente. Para ello, es necesaria ya sea la inserción del concepto de la propiedad y el mercado en estos bienes o una simulación que les otorgue “valores teóricos” (Hernández, 2014).

Por ejemplo, los procesos industriales utilizados para satisfacer al mercado funcionan con energía que a su vez es producto (en mayor medida) de la quema de combustibles fósiles, lo que desprende gases de efecto invernadero a la atmósfera; sin embargo, no se tiene en cuenta el valor de las consecuencias que surgen de los desechos de los procesos productivos y de consumo, es por eso que con esta mirada surge la economía ecológica, que intenta “*sujetar el intercambio económico a las condiciones del metabolismo general de la naturaleza*” (Leff, 1998:39).

Por su parte, Naredo (1994) explica que la economía ecológica debe preocuparse de la naturaleza física de los bienes a gestionar, así como en los sistemas donde se encuentren inmersos, considerando desde su escasez hasta la nocividad y su posible reciclaje. Dicho de otra manera, la economía ecológica es una disciplina transdisciplinaria incorporando temas de economía y ecología (Common y Stagl, 1998).

Es precisamente esta perspectiva integral que hace que la economía ecológica tome a la naturaleza como parte de un sistema interconectado cuyos componentes principales son la economía (mercado) y la ecología (naturaleza). La economía ecológica, surge a partir de la década de los 70's del siglo pasado donde Nicholas Georgescu-Roegen publica “La ley de la entropía y el proceso económico” en 1971 donde se señala que la disipación de la energía a través del fenómeno de la entropía es irreversible (Haro Martínez, 2011). Bajo este principio, la economía ecológica retoma las leyes de la termodinámica, pues ve al planeta como un sistema abierto, al respecto Martínez-Alier (1995:12) menciona: “*la economía necesita entradas de energía y materiales. La economía produce dos tipos de residuos: el calor disipado (por la Segunda Ley de la*

termodinámica), y los residuos materiales, que mediante reciclaje pueden volver a ser parcialmente utilizados. El funcionamiento de la economía exige un suministro adecuado de energía y materiales (y el mantenimiento de la biodiversidad), y también exige poder disponer de los residuos de manera no contaminante.”

En resumen, la economía ecológica plantea que el ecosistema es un sistema abierto, además posiciona a la economía como un subsistema donde intervienen flujos de energía, materia e información, dado lo anterior, se asume que está sujeto a las leyes de la naturaleza por lo que se fundamenta en tres principios básicos (Martínez-Alier y Roca-Jusmet, 2001; Passet, 1980; Aguilera Klink y Alcantara, 1994; Georgescu Roegen, 1977; Rifkin y Howard, 1990):

- 1) Primera ley de la termodinámica: La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma
- 2) Segunda ley de la termodinámica o ley de la entropía: la materia y energía se degradan continuamente en un sentido, de utilizable a inutilizable, o de disponible a no disponible.
- 3) La imposibilidad de extraer más recursos de los que la naturaleza puede generar y la imposibilidad de generar más residuos de los que la naturaleza puede asimilar.

En este marco, al situar la perspectiva termodinámica que tiene la economía ecológica en la actual forma de producción, podemos notar que con un afán por el crecimiento económico, los países recurren al uso de combustibles que arrojan contaminantes a la atmósfera derivado de los procesos productivos (energía), estos contaminantes generan el calentamiento global (fuga) debido a que la capacidad de la tierra para la absorción de dichos gases se encuentra rebasada.

La economía ecológica, plantea un escenario que sea justo y equitativo, en este marco, surge la necesidad de que la generación de residuos derivados de los procesos productivos sea menor a la capacidad de regeneración de la naturaleza, es por eso que los expertos en esta materia, afirman que no existe un escenario definido en el nivel de la afectación del cambio climático en el planeta; sin

embargo, coinciden que de no modificar los patrones de producción, la capacidad económica y la sostenibilidad, es decir, la capacidad de las generaciones futuras en satisfacer sus necesidades se verá disminuida en las próximas décadas y para el año 2100 será catastrófica (Common y Stagl, 1998). Para evitar afectaciones que sean irreversibles, es necesario por tanto transitar a actividades económicas cuyos patrones de producción consideren, respeten y actúen en pro de los equilibrios de la naturaleza, además de desarrollar o utilizar tecnologías limpias que fomente la armonía del mercado con el medio ambiente.

En este contexto y en coincidencia con lo planteado por la economía ecológica, las actividades económicas deben armonizarse con el desarrollo sostenible, y en ese sentido, abogar también por la creación y uso de tecnologías limpias que estén orientadas a incrementar la productividad de los recursos y fomentar el reciclaje en el desarrollo de procesos y productos (Daly, 1996).

Es importante señalar que para la economía ecológica la prevalencia de los procesos físicos y biológicos tiene prioridad sobre la rentabilidad (Haro-Martínez y Taddei-Bringas, 2014).

3.3 Sustentabilidad y la Postura Internacional Frente la Preservación del Medio Ambiente

A escala mundial se presenta una polémica, extendida por más de cuatro décadas, acerca de los impactos del cambio climático en el medio ambiente y el desarrollo sustentable. Es por eso que diversos organismos supranacionales entre los que destaca la Organización de las Naciones Unidas (ONU) han impulsado la discusión internacional de esta temática desde el último tercio del Siglo XX.

La creación de una conciencia ecológica para la mitigación del cambio climático tiene como antecedente la primer Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, convocada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1972, esta reunión también es llamada Cumbre de Estocolmo retomando el

nombre de la ciudad sueca en que fue celebrada, es la primera gran convocatoria internacional que incluye temas medioambientales en su agenda.

En 1987 es publicado por la ONU el informe *Nuestro futuro en común*, también conocido como *Informe Brundtland* donde surge el concepto de Desarrollo Sustentable, definido como “*aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes en forma igualitaria, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*” (ONU, 1987), este documento es referente en prácticamente todos los tratados internacionales celebrados posteriormente.

La definición de desarrollo sustentable hace referencia no sólo a incrementar el nivel de los indicadores económicos, además incorpora el cuidado del medio ambiente, así como la distribución justa y equitativa en la sociedad. Solo de esta manera se gestará el bienestar y el progreso en los tres aspectos que integran la sustentabilidad: económico, ambiental y social.

Las tres dimensiones del desarrollo sustentable se encuentran interrelacionadas de tal manera que su condición es necesaria, aunque no suficiente (Pichs, 1994 citado en CIEM, 1999), es así que la dimensión económica se centra en la asignación de los recursos, el crecimiento y la eficiencia económica; la dimensión social está vinculada a los requerimientos de equidad y justicia distributiva; la dimensión ambiental está relacionada con la sustentabilidad y la escala óptima de utilización de los recursos naturales y el medio ambiente. Existen además interacciones entre las tres dimensiones de la sustentabilidad, de tal manera que la interacción entre ambiental y económico es considerado viable, la interacción entre económico y social es equitativo y por último la interacción entre el eje social y el ambiental es soportable (World Summit, 2005), la ilustración 14 muestra estas interacciones.



Ilustración 14. Ejes del Desarrollo Sustentable.

Fuente: <https://sustentabilidadenauniversidad.files.wordpress.com/>

Retomando la firma de tratados internacionales, en 1992 se firma en la Cumbre de la Tierra celebrada en la ciudad de Rio de Janeiro la *Agenda 21*, misma que compromete a los países a realizar acciones para lograr el desarrollo sustentable a nivel local, nacional e internacional, partiendo de estrategias cuyo objetivo principal es la mitigación de los impactos nocivos sobre el medio ambiente derivado de actividades humanas.

En este contexto sobre la conservación medioambiental, se firma el protocolo de Kioto en 1997, donde el compromiso internacional es lograr la reducción de gases de efecto invernadero¹⁰ (GEI) derivado de las actividades productivas de cada país.

Las claves del desarrollo sustentable según Pérez Ríos (2000: 61) se centra en “la constancia del stock de capital natural”, es decir, el aseguramiento de que los recursos naturales y sus funciones naturales se mantengan a lo largo del tiempo.

¹⁰ Los gases de efecto invernadero (GEI) citados en el protocolo de Kioto son Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆).

3.4 Capital Natural: Definición, Clasificación y Valoración

De acuerdo con Riechmann (1995), la biósfera¹¹ desempeña tres funciones indispensables e insustituibles: fuente esencial de la vida y hábitat para las especies vivas, almacén de energía y materias primas y vertedero de desperdicios. Como sinónimo de biósfera podemos incluir ecosistema, capital natural o naturaleza, mismo que según Pérez Ríos (2000:29) es el “*conjunto de recursos naturales y sus funciones ambientales*”, por su parte, Costanza y Daly (1992) definen al capital natural como el todo stock que genera un flujo de bienes y servicios útiles o renta natural a lo largo del tiempo.

Los bienes desempeñan una función de uso directo, algunos ejemplos son la madera, frutos, petróleo, agua. Por otra parte, los servicios son generados y sustentados por el trabajo de los ecosistemas ya que interaccionan con energía y producen flujos a lo largo del tiempo, estos son la calidad de la atmósfera, el clima, la operación del ciclo hidrológico, las energías renovables, entre otros (Aylward y E. Barbier, 1992; Berkes y Folke, 1993; Gómez- Baggethun y De Root, 2007). Los autores coinciden en que el capital natural está compuesto por bienes (recursos) y servicios que están disponibles en la naturaleza y son de utilidad para satisfacer las necesidades de los seres humanos directa o indirectamente.

Si bien el capital natural ha estado disponible lo largo del tiempo, su utilización ha hecho que los ecosistemas sean modificados y muchas veces destruidos en su totalidad. Es por eso que se requiere valorar los bienes y servicios ambientales para evitar afectaciones negativas en los ecosistemas.

La economía ha considerado tradicionalmente bienes y servicios por separado, sin embargo, se ha re conceptualizado estos conceptos desde la perspectiva de la sostenibilidad conjugando a ambos términos como *servicios de los ecosistemas*, esta definición engloba “*todos aquellos beneficios de los ecosistemas que sin pasar por los mercados (y por tanto careciendo de precios*

¹¹ Naturaleza, ecosistemas y capital natural son conceptos que pertenecen respectivamente al lenguaje convencional, a la ecología y a la economía. La utilización de uno u otro lenguaje será especialmente adecuada en función del contexto en el que se inscriba y de los interlocutores implicados. Fuente: Gómez- Baggethun y De Root, 2007

asociados), tienen una incidencia directa o indirecta en las diferentes componentes del bienestar humano” (MA, 2003 en Gómez- Baggethun y De Groot, 2007:7)

La clasificación de los servicios ambientales es indispensable para evitar incurrir en dobles contabilizaciones. En este sentido, Fisher et al. (2009) mencionan que el uso de determinada clasificación está en función de las características de los ecosistemas y del contexto de los servicios.

Para efectos de esta investigación, se utilizará la clasificación propuesta por Gómez-Baggethun y De Groot (2007) misma que se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Funciones, bienes y servicios de los ecosistemas.

Funciones	Componentes y procesos de los ecosistemas	Ejemplo de bienes y servicios
Función de Regulación		
Regulación Atmosférica	Mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos (equilibrio CO ₂ /O ₂ , capa de ozono, etc.)	Protección del ozono frente a los rayos UVA y prevención de enfermedades Mantenimiento de la calidad del aire Influencia en el clima
Regulación Climática	Influencia sobre el clima ejercida por coberturas de suelo y procesos biológicos (ej. Producción de dimetilsulfato)	Mantenimiento de un clima adecuado (temperatura, precipitaciones) para la salud, agricultura, etc.
Amortiguación de perturbaciones	Influencia de las estructuras ecológicas en la amortiguación de perturbaciones naturales	Protección frente a tormentas (Ej. Arrecifes de coral) o inundaciones (Ej. Bosques y marismas)
Regulación hídrica	Papel de la cobertura del suelo en la regulación de la escorrentía mediante cuencas de drenaje	Drenaje e irrigación natural
Disponibilidad hídrica	Percolación, filtrado y retención de agua dulce (Ej. Acuíferos)	Disponibilidad de agua para usos consuntivos (bebida, riego, industria)
Sujeción del suelo	Papel de las raíces de la vegetación y fauna edáfica en la retención del suelo	Mantenimiento de zonas roturadas Prevención de la erosión Control del balance sedimentario
Formación del suelo	Meteorización de la roca madre y acumulación de materia orgánica	Mantenimiento de la productividad de los cultivadas Mantenimiento de la productividad natural de los suelos
Regulación de los nutrientes	Papel de la biodiversidad en el almacenamiento y reciclado de nutrientes (ej. N, P y S)	Mantenimiento de la salud del suelo y de los ecosistemas productivos Detoxificación y control de la contaminación
Procesado de residuos	Papel de la vegetación y la fauna en la eliminación y procesado de nutrientes y contaminantes orgánicos	Filtrado de aerosoles (calidad del aire) Atenuación contaminación acústica
Polinización	Papel de la fauna en la dispersión de gametos florales	Polinización de especies silvestres Polinización de cultivos y plantaciones
Control biológico	Control de poblaciones mediante relaciones tróficas dinámicas	Control de pestes, plagas y enfermedades

		Reducción de la herbívora (control de daños a cultivos)
Función de Hábitat		
Función de refugio	Provisión de espacios habitables a la fauna y flora silvestre	Mantenimiento de la biodiversidad (y por tanto de la base de la mayor parte de las funciones restantes)
		Mantenimiento de especies de explotación comercial
Criadero	Hábitats adecuados para la reproducción	Mantenimiento de la biodiversidad (y por tanto de la base de la mayor parte de las funciones restantes)
		Mantenimiento de especies de explotación comercial
Funciones de Producción		
Comida	Conversión de energía solar en animales y plantas comestibles	Caza, recolección, pesca
		Acuicultura y agricultura de subsistencia y pequeña escala
Materias primas	Conversión de energía solar en biomasa para construcción y otros usos	Material para construcciones y manufacturas
		Combustibles y energía
		Piensos y fertilizantes naturales
Recursos genéticos	Material genético y evolución en animales y plantas silvestres	Mejora de cultivos frente a pestes y agentes patógenos
		Otras aplicaciones (Ej, salud)
Recursos medicinales	Sustancias biogeoquímicas	Medicinas y otras drogas
		Modelo y herramientas químicas
Elementos decorativos	Especies y ecosistemas con usos decorativos potenciales	Materias para artesanía, joyería, adoración, decoración, pieles, etc.
Funciones de información		
Información estética	Oportunidades para el desarrollo cognitivo, características estéticas de los paisajes	Disfrute paisajístico
Función recreativa	Variedad de paisajes con uso recreativo potencial	Ecoturismo
Información artística y cultural	Variedad de características naturales con valor artístico	Expresión de la naturaleza en libros, películas, cuadros, folclore, arquitectura
Información histórica	Variedad de características naturales con valor histórico y espiritual	Uso de la naturaleza con fines históricos o culturales (herencia cultural memoria acumulada en los ecosistemas)
Ciencia y educación	Variedad de características naturales con valor científico y educativo	Naturaleza en lugar para la educación ambiental
		Usos con fines científicos
Funciones de Sustrato		
Vivienda		Espacio para vivir, ya sea en pequeños asentamientos o ciudades
Agricultura		Comida y materias primas provenientes de cultivos agrícolas y acuícolas
Conversión energética	Provisión de un sustrato adecuado para el desarrollo de actividades e infraestructuras humanas.	Energías renovables como la eólica, solar o la hidráulica
Minería		Minerales, petróleo o metales preciosos
Vertedero	Dependiendo del uso específico del suelo, se requerirán distintas cualidades ambientales (Ej, estabilidad del suelo, fertilidad, clima, etc.)	Vertedero de residuos sólidos
Transporte		Transporte por agua y tierra
Facilidades turísticas		Actividades turísticas (turismo de playa, deporte al aire libre, etc.)

Fuente: Gómez-Baggethun y De Groot (2007)

Una vez identificada la clasificación del servicio ambiental la valoración de los servicios ambientales se puede hacer con el análisis multicriterio considerando los aspectos señalados en la ilustración 15:

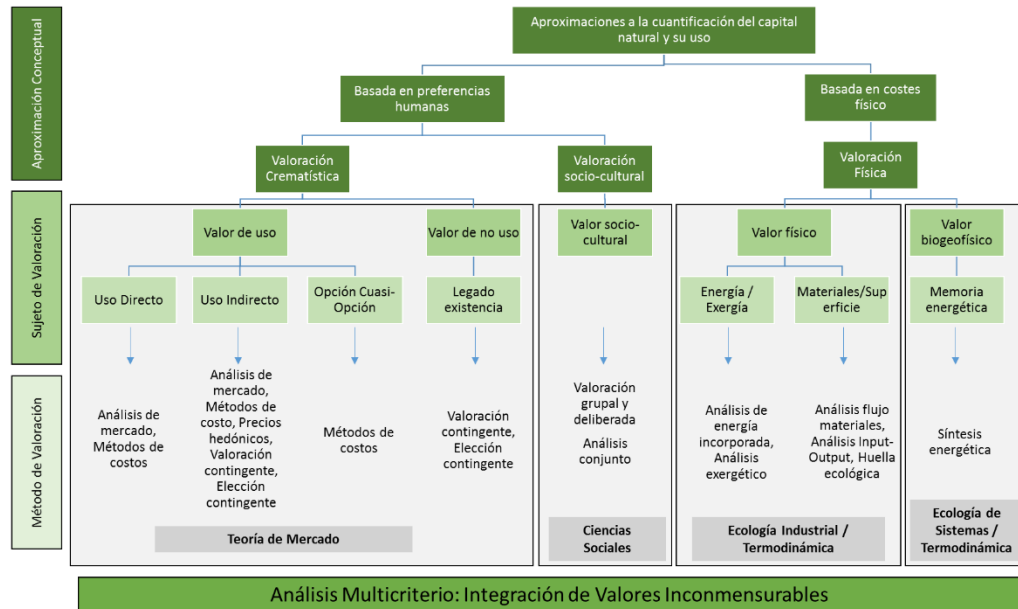


Ilustración 15. Esquema gráfico referente a las distintas aproximaciones para la cuantificación del capital natural.

Fuente: Gómez-Baggethun y De Groot (2007)

Como lo definen Martín-López et al. (2009) el valor es una propiedad multidimensional y su estimación puede abordarse desde distintas perspectivas es así que el análisis multicriterio nos permite considerar distintas formas de valor irreducibles entre sí e incorporarlas como distintos criterios a ser considerados en la toma de decisiones.

3.5 Desarrollo Sustentable y Generación de Energía Eléctrica

Las actividades antropogénicas ligadas a la satisfacción de necesidades traen consigo avances en la ciencia y la tecnología (Pérez Ríos, 2000), sin embargo, no dejan de lado la afectación del medio ambiente ya que, los sistemas de producción y consumo generan desechos que son vertidos al medio ambiente lo

que ocasiona daños en este último. Como lo mencionan Costanza et al (1999), estas afecciones al medio ambiente comenzaron cuando el hombre aprendió a aplicar a la agricultura tecnología que aumentaba mucho la entropía, a partir de este momento empieza a disminuir el conjunto de recursos naturales y sus funciones ambientales, es decir, el “stock de capital natural” (Pérez Ríos, 2000).

En este marco, es necesario tomar acciones de prevención que aseguren la disponibilidad y preservación del stock de capital natural sin dejar de lado la satisfacción de necesidades para las generaciones futuras, (Pérez Ríos,2000). En otras palabras, el desarrollo sustentable se logrará mediante la preservación del capital natural. Esta meta se puede lograr al introducir en los procesos productivos tecnología que reduzca los impactos ambientales negativos, reduzcan la contaminación y mantenga además los mismos niveles de producción (ibíd.).

Por otra parte, la sustentabilidad implica la distribución justa y equitativa de los bienes de capital natural, mismos que si no son considerados dentro de un proyecto, los costos por reducción del capital natural los paga la sociedad lo que impide lograr los principios del desarrollo sustentable (Van-Dyke, 2003, citado en Haro Martínez, 2006).

El desarrollo sustentable es un tema que ha sido tratado en las cumbres internacionales del medio ambiente, en ellas sobresalen los tópicos relativos a la producción y consumo de energía, así como de las condiciones y políticas de operación de esta industria global. Las principales presiones emanadas de estos foros, destacan los señalamientos sobre los impactos ambientales derivados de la generación de energía eléctrica a partir del consumo de combustibles fósiles vinculada necesariamente a la emisión de altas cantidades de GEI a la atmosfera.

La energía se define como la capacidad de realizar un trabajo (Burbano, Burbano y García, 2003). Para la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2006), la energía eléctrica representa un insumo fundamental para la realización de las actividades productivas del sector agropecuario. Se utiliza para la operación de los sistemas de riego por bombeo,

en el presente resulta indispensable para la realización de las actividades relacionadas con la actividad cotidianas.

La energía eléctrica es utilizada tanto en el ámbito residencial, como en el de los sectores productivos en general (agricultura, industria, servicios), y se diferencia de los bienes de consumo en al menos tres aspectos peculiares: primero, no se puede almacenar¹², por lo que debe consumirse y transportarse en el momento que se produce, segundo, su transporte no puede dirigirse por caminos específicos -ya que obedece a las leyes de Kirchoff donde cualquier perturbación provoca efectos colaterales importantes-, tercero, se considera que la energía eléctrica “se extrae” o “se inyecta” a la red. (Abur *et al*, 2002).

La energía eléctrica es generada por centrales de producción, mismas que para su operación utilizan diferentes combustibles (energía primaria), uno de los principales son las fuentes fósiles (derivados del petróleo como gas, gasolina, diésel), su uso es considerado contaminante debido a la cantidad de GEI (gases de efecto invernadero) que arrojan a la atmósfera.

La FAO asume que el desarrollo socioeconómico está directamente relacionado con la demanda de energía eléctrica, es decir, cuanto mayor sea la disponibilidad de energía eléctrica se ve incrementado el desarrollo en los países. Lo anterior se ve reflejado a través de la demanda de servicios que ésta puede ofrecer, tanto en el ámbito doméstico, como en el de los sectores y actividades productivas (Van Campen, Guidi y Best, 2000).

El hecho que la electrificación esté ligada al desarrollo en los países es una de las razones por las que se han impulsado programas para hacer llegar la energía a las comunidades rurales. En México, estos programas se han formalizado a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en conjunto con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), sin embargo, el hacer llegar la electricidad conlleva cuestiones logísticas y de localización que muchas veces rebasan la capacidad de las instituciones por brindar el servicio, es por eso que a finales de

¹² Para Abur *et al*, el almacenamiento de la energía eléctrica en baterías no es significativo en comparación con la cantidad producida a nivel mundial.

la década de los 70's se comenzaron a desarrollar equipos que funcionaran con fuentes no convencionales de energía como la energía solar, eólica, hidráulica y biomasa (González, 2011) que además de solucionar el problema de la electrificación son amigables con el medio ambiente, sobre la utilización de las energías renovables Costanza *et al* (1999) afirman que la tasa de transición a las energías renovables es paralela a la tasa de transición a la sustentabilidad.

3.6 Las Fuentes de Energía Renovable

Alternativamente al uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad, existe también fuentes de energía denominadas alternativas o renovables cuyo impacto ambiental es casi nulo y su fuente primaria son los recursos naturales no contaminantes como el agua, el sol, los desechos de animales, núcleo del átomo, entre otros (SENER, 2014). Las energías renovables se encuentran clasificadas como servicio ambiental de sustrato dado que la conversión energética es un sustrato adecuado que permite el desarrollo de las actividades e infraestructuras humanas (Gómez-Baggethun y De Groot, 2007).

La Secretaría de Energía (SENER) define las Energías Renovables (ER) como "*todas aquellas energías inagotables desde el punto de vista de la existencia de la humanidad*" (SENER, 2014) y se clasifican según su fuente primaria de energía. La Ilustración 16 presenta la categorización de la ER conforme su fuente primaria.

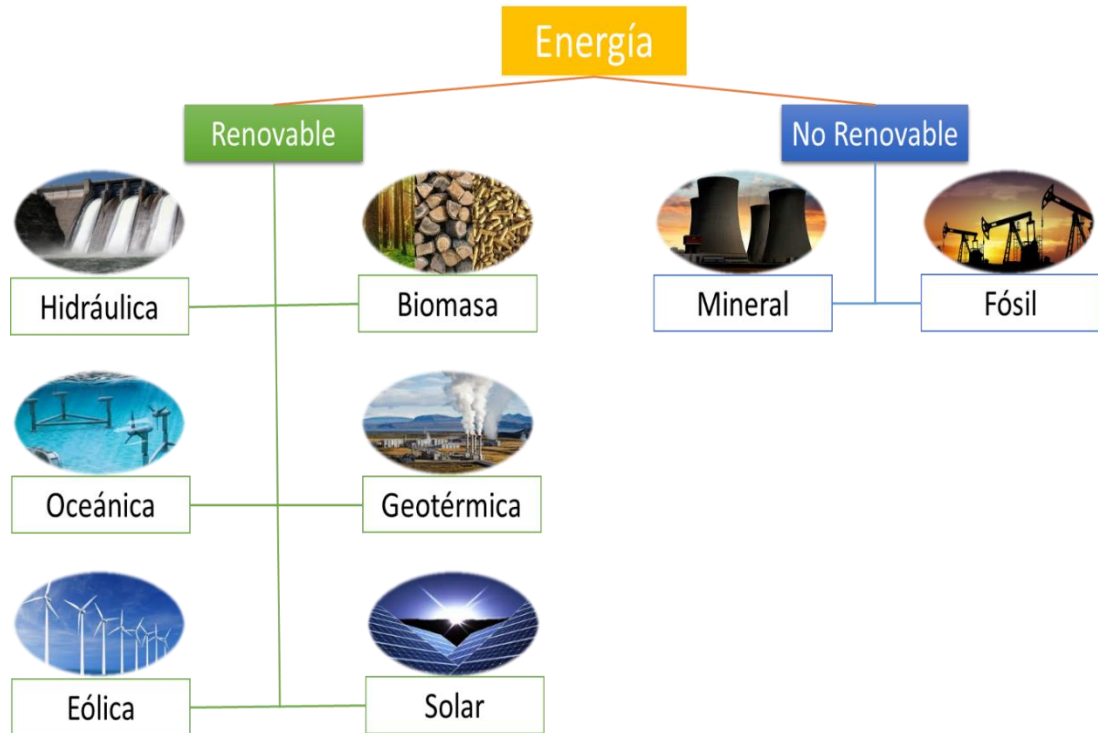


Ilustración 16. Clasificación de la Energía según su fuente.

Fuente: Elaboración propia a partir de SENER, 2014

Energía solar

La radiación solar es una “fuente térmica de elevada temperatura y elevada energía de origen” (Romero, 2006). Esta doble característica, genera que su utilización se pueda dar mediante el aprovechamiento de la energía solar térmica y energía solar fotovoltaica.

La energía solar térmica puede ser de baja, media o alta temperatura. La energía solar térmica de baja temperatura puede ser utilizada con fines de regulación de temperatura (calefacción, climatización de locales, calefacción de albercas, etc.), mientras que los sistemas térmicos de media y alta temperatura pueden generar energía eléctrica pues “convierten los fotones solares en calor para aprovecharlo en algún proceso termodinámico y convertirlo en energía mecánica y, de esta forma a su vez mover un generador eléctrico” (Cabanillas, 2008).

Según el mismo autor, dentro de la energía solar térmica con concentradores se encuentran tres diferentes formas de aprovechamiento y procesamiento de la energía: Canal parabólico, disco parabólico y torre central.

Por otro lado, los sistemas fotovoltaicos consisten en elementos llamados células fotovoltaicas (también llamadas simplemente células solares), funcionan mediante la captación de los fotones provenientes de la radiación solar. “*Cuando el sol ilumina la célula, provoca una corriente eléctrica en el interior de la misma, generando una corriente electromotriz entre dos electrodos adosados respectivamente a cada capa de la célula*” (Espejo, 2004), es decir, mediante la captación de los fotones de la radiación solar, las células fotovoltaicas transforman directamente la energía solar en energía eléctrica.

Los paneles solares constan de varias células fabricadas de materiales conductores, generalmente una mezcla de silicio con fósforo o boro, lo que permite el mayor aprovechamiento de la energía solar. Según el tamaño del panel (es decir de la cantidad de células) será la cantidad de energía eléctrica generada, estos pueden ser tan grandes como se requiera.

En la actualidad, existen investigaciones en el rubro de la energía solar como el concentrador fotovoltaico (CPV por sus siglas en inglés). Este aparato combina la energía solar de concentración con la fotovoltaica, está compuesto por un cilindro inflado fabricado con varias películas delgadas de plástico reflejante unidas entre sí que asemejan un balón de aluminio. El inflado controlado optimiza el funcionamiento de las propiedades ópticas del dispositivo. Este tipo de fabricación, aunque es de bajo peso, tiene alta resistencia a los vientos y protege a la célula fotovoltaica de la lluvia, nieve, insectos y el polvo además incrementa 30 veces la producción de energía eléctrica en comparación con las celdas solares sin concentración.

El CPV (será estudiado por 5 años para mejorar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos, así como de hacerlos más económicos (reducir su precio hasta un 75%) con el objetivo de hacer la energía solar más competitiva en comparación

con otros tipos de generación de energía eléctrica para el 2020 (SNL, 2013). La ilustración 17 muestra el prototipo instalado.



Ilustración 17. CPV en desarrollo.
Fuente: Sandia National Laboratories

También como innovación en el rubro del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica se encuentra un dispositivo diseñado por el arquitecto alemán André Broessel y desarrollado por la empresa Rawlemon localizada en Barcelona, España (Ilustración 18). La compañía tiene varios modelos de captadores solares, llamados Generadores Transparentes de Energía No Convencionales (Rawlemon, 2015):



Ilustración 18. Generadores Transparentes de Energía No Convencionales
Fuente: www.rawlemon.com

Con la información contenida en este capítulo, entonces se puede afirmar que los servicios ambientales son generados y sustentados por el trabajo de los ecosistemas ya que interactúan con energía y producen flujos a lo largo del tiempo. Las energías renovables son un servicio ambiental de sustrato, es decir, por medio de la conversión energética proveen un sustrato adecuado para el desarrollo de las actividades productivas, en este sentido, la valoración de los

servicios ambientales coadyuva a lograr una adecuada toma de decisiones sobre la utilización de los recursos naturales misma que incide directamente en el bienestar humano.

La economía ambiental propone otórgale valor de mercado a los bienes de la naturaleza al introducir el concepto de externalidades en su teoría, por otro lado, la economía ecológica afirma que no todo el sistema natural es susceptible de otorgarle un valor de mercado, además afirma que el mercado es un subsistema dentro del sistema natural por lo que éste estará sujeto a las leyes de la naturaleza.

La economía ecológica plantea un escenario justo y equitativo, donde los recursos naturales tienen prioridad sobre la rentabilidad de la producción, sin embargo, no deja de lado el bienestar humano que proveen las actividades económicas, en este sentido, esta teoría afirma que la tecnología debe armonizarse con el desarrollo sustentable para coadyuvar a la creación de tecnologías limpias que incrementen la productividad de los recursos sin dejar de considerar el fomento al reciclaje y la capacidad de regeneración del planeta en el desarrollo de procesos y productos.

Como lo afirma la economía ecológica, un cambio en la tecnología puede mejorar aspectos ambientales y económicos de la producción, lo que a su vez propicia la sustentabilidad en virtud de considerar aspectos de equidad, justicia distributiva, cuidado al medio ambiente y crecimiento económico, sin embargo, habrá que vigilar el uso que la sociedad de a ese cambio tecnológico cuidando que en el particular contexto de aplicación de dicho paquete tecnológico, no se propicien mayores afectaciones al conjunto del stock natural del ecosistema en cuestión (biodiversidad, agua, etc.)

IV. APARTADO METODOLÓGICO

Esta tesis presenta características de una investigación exploratoria y descriptiva. La temática de los impactos del uso de energías renovables en la agricultura del noroeste de Sonora es aún poco abordada. Las investigaciones de corte exploratorio contribuyen a la creación de conceptos promisorios, como corresponde al planteamiento de un escenario viable (intersección entre los ejes económico y ambiental de la sustentabilidad) para la agricultura regional, además se asienta como antecedente para próximas indagaciones académicas en las temáticas centrales de esta investigación (Hernández Sampieri, R., Fernández Collado y Baptista Lucio, 2010). El tipo de la investigación es cuanti-cualitativo puesto que aun cuando en la base de datos se utiliza la medición numérica y fórmulas matemáticas con estimaciones estadísticas, la principal herramienta para la comprobación de hipótesis será la interpretación de los datos obtenidos en campo mediante fuentes directas e indirectas. Es de tipo no experimental pues no hay manipulación de variables, el corte es transeccional ya que se lleva a cabo únicamente en un periodo y sin comparación, el criterio de selección es a conveniencia debido a la disponibilidad de la información.

Para efectos de esta investigación, se utilizará la clasificación propuesta por Gómez-Baggethun y De Groot (2007) en esta, las energías renovables son un servicio ambiental ya que cumplen una función de sustrato donde a través de la conversión energética se da el aprovisionamiento del sustrato adecuado para el desarrollo de las actividades e infraestructuras humanas.

La propuesta metodológica plantea la estimación de indicadores que permitan conocer la condición del servicio ambiental energía solar. Las principales herramientas a utilizar serán el uso de bases de datos y estimaciones de las

emisiones de GEI de los sistemas de bombeo actuales, la información pública disponible sobre tarifas eléctricas en adición a datos obtenidos en entrevistas no estructuradas a los principales actores involucrados con la actividad agrícola en la región para conocer los indicadores de valores físico y económico, respectivamente.

Cuando se realizan valoraciones físicas generalmente se basan en la termodinámica y en la ecología de sistemas para realizar aproximaciones pues implican un amplio conocimiento del ecosistema ya que pueden realizarse en función del valor total del flujo de servicios del ecosistema o área, el valor de los cambios sufridos por este, o bien, la distribución de los beneficios generados por la producción de servicios (Haro-Martínez, 2011). Para efectos de esta investigación donde se pretende obtener indicadores que pudieran ser útiles para una valoración se utilizará la categorización propuesta por Gómez-Baggethun y De Groot (2007), considerando las aproximaciones basadas en costos físicos en tres grandes grupos:

1. Cuantificación de los requerimientos de materiales o de superficie terrestre requerida por el metabolismo económico. (por ejemplo, análisis del flujo de materiales, análisis de ciclo de vida, huella ecológica)
2. Cuantificación del costo energético o exergético de los procesos. (Por ejemplo, Análisis de Energía Incorporada, costo exergético de reposición)
3. Aproximación biogeofísica del valor. (Por ejemplo, síntesis energética)

Por tanto, para esta investigación, generaremos un indicador que nos dé información referente a la importancia del servicio ambiental “energía solar” para ello cuantificaremos la energía no disipada a partir de la cantidad de gases de efecto invernadero dejadas de emitir en virtud de no utilizar combustibles fósiles, lo anterior, generará información sobre la aportación física del servicio ambiental en cuestión.

Por otra parte, generaremos un segundo indicador a partir de valores económicos que pueden formar parte del valor económico del servicio ambiental. La información se obtendrá por medio de una comparación del costo de producción

de energía eléctrica medido por las tarifas de energía eléctrica actuales proporcionadas por Comisión Federal de Electricidad (CFE) así como los costos de energía solar fotovoltaica.

4.1 Estimación de Emisiones de GEI

La zona noroeste y parte del centro del estado es abastecida de electricidad por la planta termoeléctrica Puerto Libertad, situada en el poblado que lleva el mismo nombre en el municipio de Pitiquito, Sonora. Esta planta, provee de energía eléctrica a los complejos industriales, agrícolas y ganaderos de Caborca y Hermosillo, así como a los complejos mineros de Cananea y Nacozari aportando el 30% de la capacidad instalada de energía eléctrica en la región. La planta Puerto Libertad genera alrededor de 15,168 kwh diarios para lo cual consume 3,600,000 litros de combustóleo diariamente (Álvarez, 2012).

Con base en el GEI México¹³, la SEMARNAT (2014) elabora la “*Teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero*”, documento que tiene como objetivo poner al alcance de las organizaciones una guía para cuantificar y posteriormente inventariar sus emisiones de GEI. Cabe mencionar, que la metodología utilizada en el documento es el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y su actualización a través de la Enmienda del Estándar de Contabilidad y Reporte publicada por el *World Resources Institute* (WRI) y el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) en 2013.

¹³ Programa nacional voluntario de contabilidad y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), es una iniciativa coordinada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, y el Consejo Coordinador Empresarial, a través de la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES). Cuenta con el apoyo técnico del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD). Fuente: SEMARNAT, 2014

Dado que el consumo de eléctrica es considerado como emisiones indirectas, es decir, las emisiones no se generan físicamente en el lugar donde se consume la energía y para efectos del presente trabajo con base en el documento anteriormente señalado, se tomará en cuenta únicamente las emisiones con un enfoque de control con criterio de control financiero es decir, “*cuando una organización tiene la capacidad de dirigir las políticas financieras y operativas de su operación con miras obtener beneficios económicos de sus actividades*” (SEMARNAT, 2014:30) y únicamente se estimarán las emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica para la irrigación por bombeo.

Para el cálculo de las emisiones de GEI se utilizará la siguiente fórmula tomada del Programa GEI México:

$$E (tCO_2e) = \text{Dato de actividad (MWh)} * \text{Factor de Emisión (tCO}_2e/\text{MWh)} \quad (1)$$

Donde:

E= Emisiones de GEI expresadas en toneladas de CO₂ equivalente

Dato de actividad: Energía utilizada por la actividad expresada en MWh

Factor de Emisión: Promedio estadístico calculado a partir de las emisiones de un gas de efecto invernadero que provienen de la generación de energía eléctrica (inyectada a la red) expresada en toneladas de CO₂ equivalente por MWh.

Este mismo programa presenta el factor de emisión de electricidad promedio anual, el cual se indica en la tabla 5.

Tabla 5. Factor de Emisión en México.

Año	Factor de emisión de electricidad promedio (tCO₂e/MWh)
2,000	0.6043
2001	0.6188
2002	0.6046
2003	0.6080
2004	0.5484
2005	0.5557
2006	0.5246
2007	0.5171
2008	0.4698
2009	0.5057
2010	0.4946
2011	0.5002
2012	0.5165
2013	0.4999

Fuente: Programa GEI México. <http://www.geimexico.org/>

El factor de emisión de electricidad promedio permite estimar las toneladas de CO₂ equivalentes emitidas a la atmósfera por cada Mwh de electricidad consumida, considerando la mezcla de combustibles fósiles utilizada para la generación de electricidad en las plantas de CFE a nivel nacional, por lo anterior, entre más pequeño sea el factor de emisión, más bajas serán las emisiones de contaminantes a la atmosfera. Para efectos de esta investigación, el factor de emisión será útil para estimar las toneladas de CO₂ equivalentes emitidas a la atmósfera, derivadas del uso de energía eléctrica obtenida por medio de la red de transmisión de CFE.

4.2 Comparación de Tarifas

La estimación del indicador del valor económico se realiza por medio de una comparación de las tarifas de energía eléctrica por Kwh provenientes de la red de transmisión de CFE con y sin subsidio contra las tarifas estimadas por Kwh con energía solar fotovoltaica. Para ello, se reunió información proporcionada por

los actores productivos en cuanto al monto total pagado de consumo de electricidad de 23 pozos por medio de las facturas de CFE, esta información permitió diferenciar los costos de producción de la electricidad, la aportación gubernamental (subsidio) y finalmente, el monto efectivamente pagado por los productores, por otra parte, el costo de la energía solar fotovoltaica se obtuvo de reportes publicados por National Renewable Energy Laboratories (NREL).

V. RESULTADOS

En el presente capítulo se describen las características de la agricultura de riego en el DR037, se divide en dos apartados: el primero hace referencia a las características de las bombas utilizadas, así como el consumo de energía eléctrica y su impacto en el medio ambiente relativo a la emisión de gases de efecto invernadero. El segundo apartado, se hace una relación de las tarifas de energía del distrito en cuanto a la tarifa preferencial y los costos reales de producción de electricidad, comparado también con la utilización de energía solar fotovoltaica. El propósito fundamental de este apartado es conocer el impacto de la utilización de la energía solar fotovoltaica en la sustentabilidad ambiental y económica de la agricultura del DR037 en relación a 1) la eliminación de las emisiones de gases de efecto invernadero y 2) el costo de la energía eléctrica por Kwh.

5.1 Estimador de Emisiones de GEI

En la región Altar-Pitiquito-Caborca existen 816 pozos registrados ante la Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 037 (ASUDIR037), algunos de ellos son utilizados para irrigar varios cultivos. La tabla 6 muestra las características de los pozos.

Tabla 6 Características de los pozos del DR037.

Cantidad de Pozos	Diámetro de descarga	Volumen autorizado (miles de m ³)
514	10" - 12"	425,776
230	8"	271,954
50	6"	152,764
22	Padua	15,000
816		865,494

Fuente: ASUDIR037, 2016

La cantidad de pozos ha disminuido, pues en el año 2000 existían 830 pozos según información de Llano (2000), en la actualidad hay 816 pozos registrados ante la Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 037 (ASURI037) de los cuales solamente se encuentran en operación 538. La cantidad de usuarios de los pozos también ha disminuido, pues según las Estadísticas Agrícolas publicadas por SAGARPA en 2006 había 2,852 usuarios de pozos de los cuales 1,852 utilizaban un pozo ejidal y 994 de manera privada, para el año 2015 esta cantidad se redujo a un total de 1,347 usuarios de pozos de los cuales 825 utilizaban un pozo ejidal y 522 utilizaban pozo privado.

Todos los pozos registrados en la ASUDIR037 cuentan con una bomba vertical de turbina cuya fuente de operación es la electricidad proveniente de la subestación Caborca que a su vez es abastecida de energía eléctrica por la planta termoeléctrica Puerto Libertad situada en el municipio de Pitiquito.

La energía eléctrica generada en dicha planta proviene de la quema de algún combustible fósil, anteriormente se utilizaba únicamente combustóleo, pero dada la necesidad de transitar hacia una producción energética de menor costo y de menor impacto ambiental, recientemente se instalaron tuberías para utilizar también gas natural como fuente primaria para la generación eléctrica.

La antigüedad de las bombas oscila entre los 10 y 15 años, cada una cuenta con un motor del tipo trifásico con un voltaje de 440v, cuya potencia va desde los 125 HP hasta los 350 HP dependiendo de los requerimientos en el volumen de

extracción de cada pozo. Dado las características de los cultivos en la región es necesario la operación de las bombas en todo el año, sin embargo, la cantidad de riegos y la periodicidad varían según el cultivo.

Toda la región agrícola del DR037 utiliza sistemas de bombeo para poder extraer el agua de pozos profundos, todas ellas son operadas por energía eléctrica proveniente de la red, es por eso que tomando en cuenta las características de las bombas y sus motores, en promedio en el DR037 se utilizan 0.7117 kwh (0.0007117 Mwh) para la extracción de cada metro cúbico de agua (ASUDIR037, 2015).

En la zona agrícola del DR037 la totalidad de la energía eléctrica consumida para la operación de las bombas de riego proviene de la central termoeléctrica Puerto Libertad, donde la electricidad es generada mediante la quema de algún tipo de combustible fósil y se estima que se requieren 216,094.432 Mwh (0.7779 PJ) anuales para su operación lo que representa el 22.88% de la energía utilizada en el sector agropecuario a nivel estatal según el balance de energía más actual. La ilustración 19 muestra el consumo de energía del distrito de riego 037 en PJ.

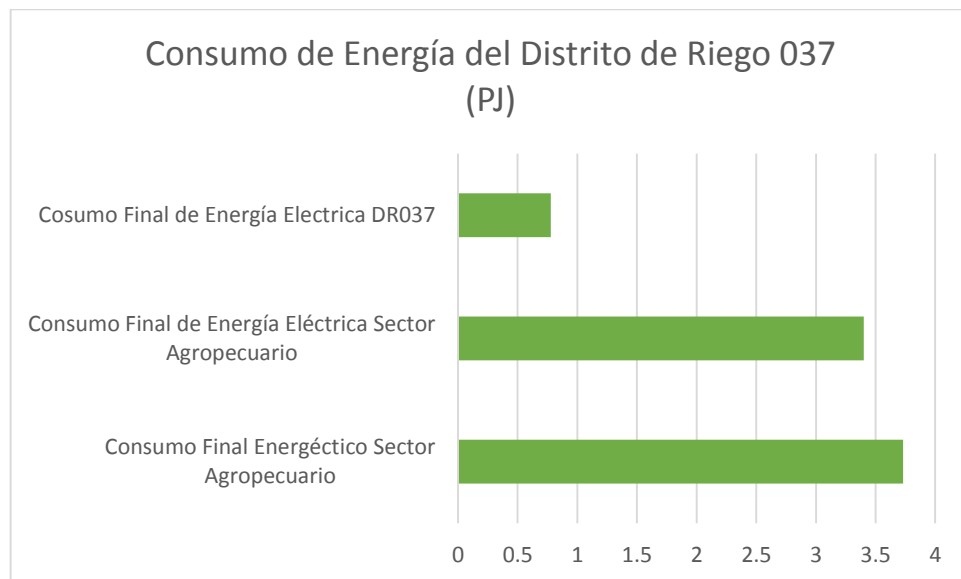


Ilustración 19. Consumo de Energía del Distrito de Riego 037

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SENER y ASUDIR037

Considerando los primeros seis cultivos en cuanto a superficie cosechada acaparan más del 82% de la producción agrícola en el distrito de riego y tienen un requerimiento de agua similar (en promedio la lámina de riego es de 1.15 m), las proporciones en el consumo de energía eléctrica según la superficie cosechada de cada cultivo se estiman que en promedio es de 6.31 MWh/Ha. La tabla 7 muestra las estimaciones en consumo de energía eléctrica por cultivo.

Tabla 7 Consumo de Energía Eléctrica de los Principales Cultivos

Cultivo	Superficie Cosechada (Ha)	Participación en la producción agrícola del DR	Consumo de energía eléctrica (PJ)	Consumo de energía eléctrica (MWh)
Esparrago	8,588	25%	0.1951	54,204
Uva	7,563	22%	0.1719	47,735
Trigo grano	4,091	12%	0.0930	25,821
Alfalfa verde	3,489	10%	0.0793	22,021
Papa	2,730	8%	0.0620	17,231
Aceituna	1,587	5%	0.0361	10,017
Otros	6,190	18%	0.1406	39,066
Total	34238	100%	0.77794	216,094.4

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIAP, 2015 y ASUDIR037, 2015

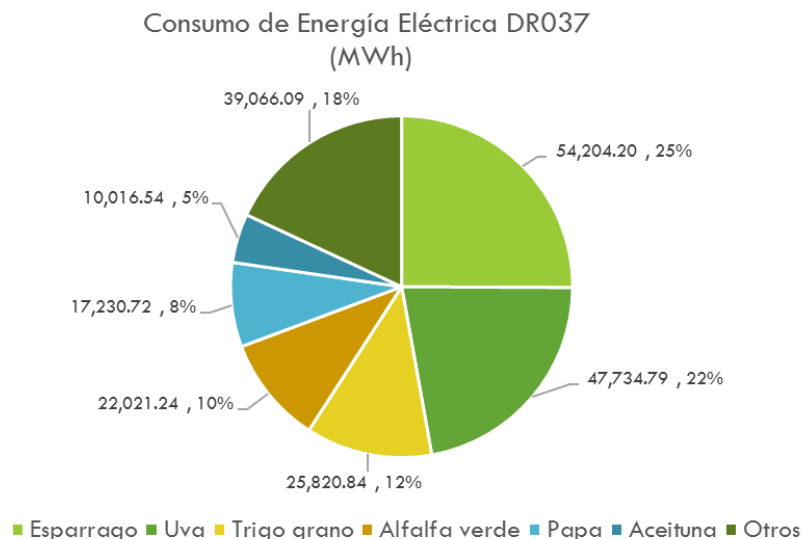


Ilustración 20. Consumo de Energía Eléctrica por Cultivo DR037

Fuente: Elaboración propia con datos de ASUDIR 037

Con respecto al consumo de energía de las bombas de irrigación en el DR037 se generan 108,025.61 tCO₂e anuales (tabla 8), lo que representa el 0.01579% de la emisión estatal comparado con el inventario estatal en este rubro, sin embargo, si se compara únicamente con el consumo de electricidad para el sector agropecuario, en Sonora en 2010 con los 3.40 PJ de electricidad consumida por todo el sector, se generaron 472,127.78 tCO₂e.

Tabla 8. Emisión de GEI del DR037.

Cultivo	Superficie Cosechada (Ha)	Participación en la producción agrícola del DR	Emisión de GEI (tCO ₂ e)
Esparrago	8,588	25%	27,096.68
Uva	7,563	22%	23,862.62
Trigo grano	4,091	12%	12,907.84
Alfalfa verde	3,489	10%	11,008.42
Papa	2,730	8%	8,613.64
Aceituna	1,587	5%	5,007.27
Otros	6,190	18%	19,529.14
Total	34,238	100%	108,025.61

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONUEE y ASUDIR037

La participación del DR037 en la emisión de GEI en el sector agropecuario finalmente corresponde al 22.88% de las emisiones totales del sector.

Con el uso de la energía solar fotovoltaica en el DR037, se elimina el consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad, por lo que las emisiones de gases de efecto invernadero se reducen en su totalidad, es decir, se dejan de emitir más de 108 mil toneladas de CO_{2e} anuales en esta zona, lo anterior, representa una disminución mayor al 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero de todo el sector agropecuario en Sonora.

5.2 Estimador de la Variación en el Costo por Kwh

Según información de CFE (2016), el costo de producción del kWh mediante la utilización de combustibles fósiles para el riego agrícola en México, considerando la tarifa más baja sin subsidio es de \$7.391/kWh (tarifa 9, primeros 5000 kWh), sin embargo, el precio pagado por los productores agrícolas se reduce en promedio a \$0.485/kWh considerando las tarifas agrícolas con subsidio (9 CU y 9N).

Por otra parte, el precio de la energía eléctrica utilizando energía solar fotovoltaica es de USD 280/MWh (NREL, 2016) lo que equivale a \$3.65/kWh¹⁴, mismo que a diferencia de la energía eléctrica generada a partir de fuentes convencionales y gracias al mejoramiento de la tecnología, ha ido decreciendo en el orden del 15% anual (SENER, 2013).

¹⁴ 1 Mwh = 1000 Kwh; 1 USD=13.0659 $\left(3.65 \frac{MN}{KW} = \frac{280 USD}{Mwh} \times \frac{13.065 MN}{1 USD} \times \frac{1 Mwh}{1000 Kwh} \right)$ Considerando el tipo de cambio al 31/Dic/2009. Fuente: Banco de México <http://www.banxico.org.mx/dyn/portal-mercado-cambiario/index.html>

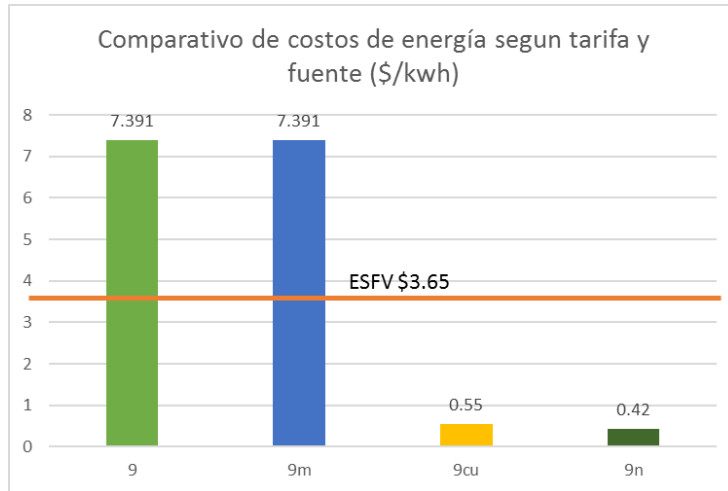


Ilustración 21. Comparativo de costos de energía según tarifa y fuente
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CFE, NREL

La información proporcionada por uno de los actores productivos en la zona del DR037, donde se tomó en cuenta el consumo de energía eléctrica de 23 pozos, así como el costo de producción, indica que a pesar de que el Programa Especial de Energía para el Campo en Materia de Energía Eléctrica de Uso Agrícola (PEUA) afirma que el subsidio cubre el 90% del consumo, en la facturación real de estos pozos, el monto subsidiado ascendió a más del 98% en todos ellos.

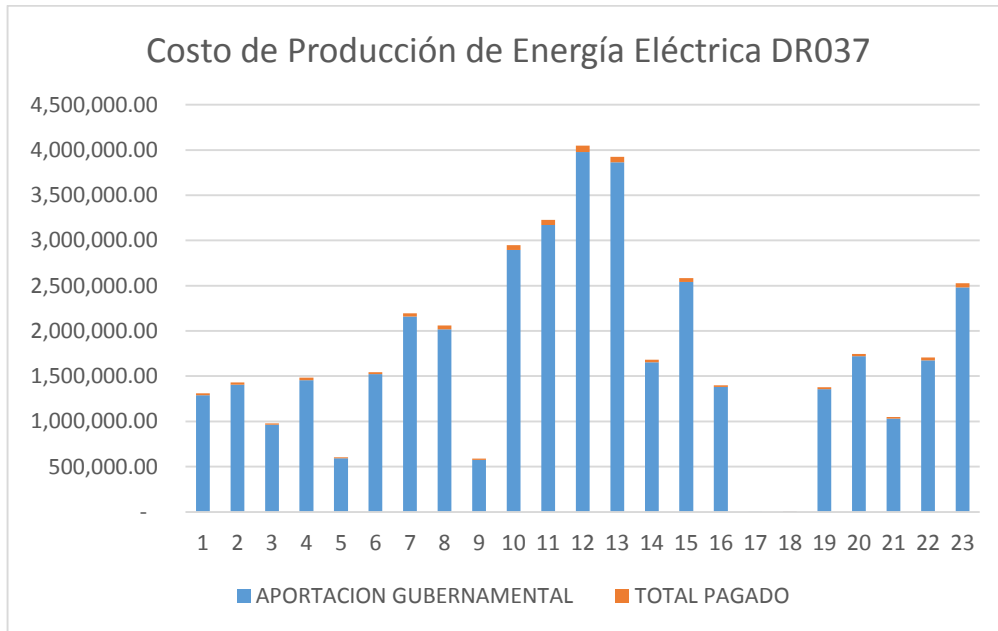


Ilustración 22. Costo de Producción de Energía Eléctrica DR037
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CFE

La ilustración 22, muestra que los costos reales del consumo de energía eléctrica en el DR037 rebasan los \$500,000 mensuales, salvo para aquellos pozos que no están en operación.

Los sistemas agrícolas instalados en el DR037, utilizan en promedio una lámina de riego de 1.15 m¹⁵, considerando los requerimientos de agua de los principales seis cultivos según la superficie cosechada en la región (espárrago, uva, trigo grano, alfalfa verde, papa y aceituna).

Según información de la ASUDIR037, el factor entre consumo de electricidad y agua extraída de los pozos en el DR037 es de 0.7117 kWh/m³, por otra parte, el precio promedio pagado por los productores inscritos en el PEUA es de \$0.485/kWh considerando el promedio entre las tarifas 9CU y 9N por lo que en la tabla 9 se pueden apreciar los consumos de electricidad derivado del bombeo de agua en el DR037:

Tabla 9. Comparativo del costo de energía eléctrica según fuente y subsidio.

Cultivo	Promedio lamina de riego (m)	m ³ de agua requerida por Ha	kWh/Ha	Promedio \$/Ha (con subsidio)	Promedio \$/Ha Solar FV	Promedio \$/Ha (sin subsidio)
Esparrago	1.90	19,000.00	13,522.30	\$ 6,558.32	\$ 49,356.40	\$ 99,943.32
Uva	1.10	11,000.00	7,828.70	\$ 3,796.92	\$ 28,574.76	\$ 57,861.92
Trigo grano	0.98	9,800.00	6,974.66	\$ 3,382.71	\$ 25,457.51	\$ 51,549.71
Alfalfa verde	1.75	17,500.00	12,454.75	\$ 6,040.55	\$ 45,459.84	\$ 92,053.06
Papa	0.18	1,800.00	1,281.06	\$ 621.31	\$ 4,675.87	\$ 9,468.31
Aceituna	1.00	10,000.00	7,117.00	\$ 3,451.75	\$ 25,977.05	\$ 52,601.75

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASUDIR 037, SENER y CFE

¹⁵ Una lámina de 1mm equivale a 10,000 litros por Ha (10 m³). Fuente: Fundación Produce Sinaloa, 2006 http://www.conpapa.org.mx/pdf/pubi_CalRiegoPapa.pdf

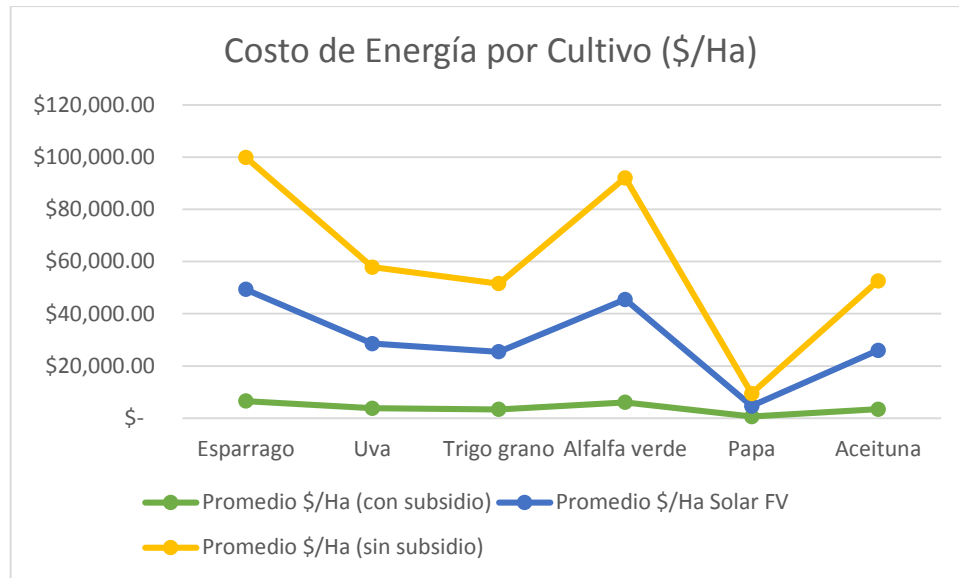


Ilustración 23. Comparativo del costo de energía eléctrica según fuente y subsidio.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASUDIR 037, SENER y CFE

El precio de la energía demandada para la operación de las bombas con tecnología solar fotovoltaica es 7.5 veces más alto comparado con el precio pagado por los productores, sin embargo, si evaluamos el costo de producción real, es evidente que el valor de la energía solar es casi 50% menor que el de la energía eléctrica suministrada por CFE.

Se deben considerar además los costos de los equipos, así como la instalación de la tecnología solar fotovoltaica y la mano de obra, misma que según NREL (2015) oscila entre los 1.91 y 2.15 USD/Watt dependiendo del uso y la capacidad instalada, además se debe tomar en cuenta del tiempo de recuperación de la inversión, el cual, para equipos convencionales utilizados por clientes con tarifa sin subsidio generalmente es menor a 8 años.

Con los resultados obtenidos y de acuerdo a lo manifestado en las entrevistas no estructuradas aplicadas a los principales actores de la actividad, es evidente que el subsidio a las tarifas de energía eléctrica obstaculiza la incorporación de la energía solar fotovoltaica en la agricultura de la región ya que representa una disminución en la rentabilidad de esta actividad en virtud de resultar más cara que la energía eléctrica proveniente de la red. En este sentido, la eliminación del

subsidio representa una opción para integrar la sustentabilidad en la actividad agrícola de la zona.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

México es uno de los países que cuenta con una vasta reserva de petróleo; sin embargo, aunque abundante este recurso no deja de ser limitado, en este sentido, la energía solar fotovoltaica permite desplazar el uso de combustibles finitos por el aprovechamiento de la energía solar que se encuentra disponible y es ilimitada, es así que acorde con los fundamentos de la economía ecológica y con el principio de sustentabilidad, su uso permite preservar los recursos naturales limitados para asegurar la cobertura de las necesidades de las generaciones futuras.

Derivado de lo anterior, la generación eléctrica a partir de energía solar, involucra avances tecnológicos que, a su vez, tengan beneficios económicos a mediano y/o largo plazo, además que es de gran ayuda ante las presiones internacionales para reducir los efectos del cambio climático en virtud de evitar que se emitan grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Por otra parte, se debe considerar que los costos del agotamiento de los recursos naturales, como los combustibles fósiles y el recurso hídrico, es un precio que paga la sociedad en su conjunto lo que merma la equidad sobre el uso de los recursos naturales, uno de los ejes de la sustentabilidad.

En este sentido, la energía solar fotovoltaica representa una opción para que México cumpla con los compromisos asumidos en los diversos tratados internacionales en materia ambiental, sin dejar de lado la necesidad de seguir avanzando en la generación de electricidad eficiente, la reducción de los costos de producción de los recursos energéticos y, sin duda, en una distribución más justa y equitativa en lo que respecta al uso y manejo de los recursos naturales.

Las políticas públicas mexicanas van encaminadas a incentivar el uso de energía renovable pero únicamente están disponibles para aquellos actores que pueden acceder a un financiamiento y/o que cuentan con recursos suficientes para realizar la inversión. Es por eso, que se debe considerar la creación de economías de escala como la creación de parques o centrales de generación eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica, lo anterior, para promover el uso de energéticos limpios que además hagan rentable la incorporación de esta tecnología en la agricultura regional aun cuando existan fuentes de energía convencionales disponibles a menor costo.

En el caso del DR037, el subsidio agrícola a las tarifas de energía eléctrica ayuda a elevar la productividad de la agricultura mediante la reducción del pago de la facturación de la energía eléctrica utilizada para el bombeo; sin embargo, como lo manifiestan tanto los actores entrevistados como los resultados obtenidos, representa un obstáculo para la incorporación de la energía solar fotovoltaica en las actividades primarias, pues el costo por concepto de energía eléctrica con energía solar fotovoltaica es de \$3.65/KWh, es decir, 7.5 veces mayor comparado con el monto pagado con ayuda del subsidio (en promedio \$0.485/KWh). Se debe considerar que, con la eliminación del subsidio, la ESFV representa una gran opción para subsanar los altos costos, pues el costo real de la energía eléctrica utilizada es de \$7.391/KWh por lo que la energía solar fotovoltaica representa un ahorro del 50% comparado con el costo real por KWh; por otra parte, es necesario tomar en cuenta que el monto del subsidio proviene de presupuesto público, por lo que este pago finalmente lo realiza la sociedad, lo que hace que las condiciones en las que operan las empresas agrícolas sea insustentable en términos de justicia y equidad.

La incorporación de la energía solar fotovoltaica en los sistemas productivos agrícolas del DR037, fomenta la creación de sistemas productivos amigables con el medio ambiente, ya que se eliminan al 100% las emisiones de GEI por consumo de energía eléctrica lo que representa más del 20% de las emisiones de GEI de todo el sector agropecuario en Sonora. Sin embargo, es necesario

vigilar que los beneficios asociados al uso de la energía solar fotovoltaica en el caso de los DR037 no propicien afectaciones a otros procesos homeostáticos del ecosistema regional.

Los indicadores ambientales evaluados muestran que la energía solar coadyuva a eliminar en su totalidad las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de combustibles para la generación de electricidad, mismas que se estiman en más de 108,000 Ton de CO₂e anuales, con la eliminación de los GEI se incrementa la sustentabilidad ambiental de la actividad en virtud de eliminar de raíz la principal causa del cambio climático. Por otra parte, los resultados de los indicadores económicos muestran que los subsidios a las tarifas de energía eléctrica en la agricultura obstaculizan la inserción de la energía solar en la actividad agrícola ya que disminuyen el monto pagado por los agricultores, sin embargo, la energía solar fotovoltaica es más económica en comparación con los costos reales de las energías con fuentes fósiles.

En conclusión, la sustentabilidad recae en el uso eficiente de los recursos, crecimiento y eficiencia económica, además de equidad y justicia distributiva, por lo anterior, los resultados de los indicadores ambientales y económicos incluidos en este trabajo, el uso de la energía solar fotovoltaica en los sistemas de riego por bombeo, hace cumplir las condiciones para que se presente la sustentabilidad ambiental y económica en las actividades agrícolas de la zona por lo que la hipótesis queda aceptada. También, se reitera la importancia de vigilar que los posibles beneficios económicos asociados al uso de la energía solar fotovoltaica en el caso de cualquier campo agrícola del noroeste del país, no propicien ni redunden en una mayor explotación del recurso hídrico, toda vez que éste es, a fin de cuentas, el principal recurso natural sobre el que descansa la sustentabilidad económica, ambiental y social de toda actividad agrícola.

6.2 Recomendaciones

- Aprovechar los recursos naturales renovables que se encuentran disponibles en abundancia y de manera gratuita para la generación de energía eléctrica.
- Elaboración de políticas públicas adecuadas para fomentar el uso de energías renovables tomando en cuenta las características y condiciones de los actores productivos de la región.
- La eliminación del subsidio agrícola y la creación de un parque solar que abastezca de energía eléctrica a la región con fondos públicos como consecuencia de dicha eliminación.
- Realizar una línea de investigación que retome la problemática ambiental entorno a la utilización y sobreexplotación de los acuíferos en la región para incluir el uso de sistemas de irrigación que, en conjunto con las energías renovables, eficiente el uso del agua.
- Elaboración de un plan de negocio para la creación de un parque solar para autoconsumo y venta de energía.
- Promocionar el uso de energía solar con el fin de impulsar la competitividad territorial de la región del DR037.

REFERENCIAS

- Abur et al, (2002). *Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica*. McGraw-Hill. España. Pp 2 y 3
- Agencia Informativa CONACYT, (2014), *Sonora podría abastecer de energía a todo México con tecnología fotovoltaica*, CONACYT, México. Consultado en línea el 8 de enero de 2015 disponible en http://conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/energia/329-reportaje-con-la-radiacion-solar-que-recibe-el-1-de-sonora-se-podria-generar-energia-suficiente-para-todo-el-pais?utm_source=newsletter_107&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-01-15
- Aguilera Klink, F. y Alántara, V., (1994), *De la economía ambiental a la economía ecológica*, ICARIA, Barcelona.
- Álvarez Ortega, Heidy Mariana. (2012). *Propuesta preliminar de tratamiento de agua hipersalada en planta termoeléctrica*. Universidad de Sonora. México
- Aylward, B. y E. Barbier, (1992). *What is biodiversity worth to a developing country? Capturing the pharmaceutical value of species information*. London: London Environmental Economics Centre
- Berkes, F. y C. Folke, (1993), "Systems Perspective on the Interrelationships Between Natural, Human-Made and Cultural Capital" en *Ecological Economics*, 5 (1), Amsterdam, Holanda Pp. 1-8
- Buendía, M. P. (2002). *La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI: teorías, procesos, metodología*, (268), Editorial Fundamentos.
- Burbano, Burbano y García. (2003), *Física General 32° Edición*, Editorial Tébar S.L, Madrid.
- Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K. y Mooney, H.A, (2007), "The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview highlighting Hydrological Services".en *Annual Review of environment and resources*, 32, 67-98
- Brundtland, G. H. 1987. *Nuestro futuro común*. Comisión Mundial del Medio ambiente y del Desarrollo. ONU. Disponible en

<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427>, consultado en internet el 20 de junio de 2014.

Cabanillas López, Rafael Enrique, (2008), *Perspectivas de la Tecnología de Concentración Solar en México (Torres Centrales)*, Academia de Ingeniería, México.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), (2000), *Equidad, desarrollo y ciudadanía*, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

_____ (2010), *La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*, Chile. Consultado el 2 de mayo de 2015 disponible en línea en http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf?sequence=1

Chel, A., (2011), "Renewable energy for sustainable agriculture" en *Agronomy for Sustainable Development*, EDP Science, 31, Pp. 91-118

CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), (2008), CIEMAT (Presentación en Power Point), España. Disponible en línea en http://www.energiasrenovables.ciemat.es/?pid=4000&id_seccion=2&tipo=documentos&id=539

CFE (Comisión Federal de Electricidad), (2014), Informe Anual 2014, México. Consultado en línea el 9 de mayo de 2016 en <http://www.cfe.gob.mx/inversionistas/Style%20Library/assets/pdf/InformeAnual.pdf>

CFE (Comisión federal de electricidad) / SEMARNAT (Secretaria de medio ambiente y recursos naturales), (2006), Estudio de Riesgo Ambiental (Agua Prieta II), México consultado en internet el 6 de mayo de 2015 disponible en <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/son/estudios/2006/26SO2006E0013.pdf>

COCEF (Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza) / Gobierno del Estado de Sonora Col., (2010), *Emisiones de gases de efecto invernadero en sonora y proyecciones de casos de referencia 1990-2020*, México

COEES (Comisión de Energía del Estado de Sonora), (2016), <http://www.coees.sonora.gob.mx/>

Costanza, R. y Daly, H. (1992). Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology* 6: 37–46.

- CNA (Comisión Nacional del Agua). (2010a), *Estadísticas del agua en México*, edición 2010, CONAGUA, México.
- _____ (2010b), *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2009*. CONAGUA, México.
- _____ (2012), www.conagua.gob.mx, consultado en internet el 28 de septiembre de 2014 <http://www.conagua.gob.mx/contenido.aspx?n1=1>
- _____ (2015), *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2013-2014*. CONAGUA, México, consultado en internet el día 25 de septiembre de 2015 en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/S GIH-6-15.pdf>
- Common, Mick y Sigrid Stagl, (2008), *Una introducción al a economía ecológica*, Ed. Reverté, Bacerlona, España.
- Costanza, Cumberland, Daly, Goodland, Norgaard, (primera edición, 1999), *Una introducción a la economía ecológica*, compañía editorial continental, S.A. de C.V., México.
- CONUEE (Comisión nacional para el uso eficiente de la energía), (2009), Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía, Gobierno Federal, México. Consultado en internet el 26 de febrero de 2016 en www.conuee.gob.mx/work/files/metod_gei_cons_evit.pdf
- Daly, H., (1996), "Criterios Operativos para el desarrollo sostenible". Eumed. Net. Recuperado de internet de <http://www.eumed.net/cursecon/textos/Daly-criterios.htm>
- De Groot, R.S., Wilson, M.A. y Boumans, R.M-J, (2002), "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services" en *Ecological Economics*, 41 (2002), Elsevier Science, Amsterdam.
- Diario Oficial de la Federación (DOF), (2012), Metodología para valorar externalidades asociadas con la generación de electricidad en México, Gobierno Federal, México.
- Elenes F. Natanael y Víctor H. Benítez, (2012), *Un análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua para riego con energía solar*, UNISON, México.
- Espejo M., Cayetano, (2004), "La energía solar fotovoltaica en España", *Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje*, (13), Pp. 5-31

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), (2010), *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor*, Documento de trabajo, Roma, Italia.
- FIDE (Fideicomiso para el ahorro de la energía eléctrica), (2015a), consultado en internet el día 3 de noviembre de 2014 en http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=212
- _____ (2015b), *Informe de resultados 2014*, consultado en internet el día 3 de noviembre de 2015 en http://www.fide.org.mx/images/stories/comunicacion/PDF/Informe_media_plana.pdf
- FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido), (2015), www.firco.gob.mx
- Galindo, Luis Miguel (Coord). (2009). *La economía del cambio climático en México Síntesis*. Gobierno Federal / SHCP / SEMARNAT. México
- Georgecu Roegen, N., (1977), “¿Qué puede enseñar a los economistas la termodinámica y la biología?” En F.A. Klink y V. Alcantara (Eds), *De la Encomia Ambiental a la Encomia Ecológica*, ICARIA, Barcelona
- Gobierno Federal, (2012), *Pacto por México*. México. Disponible en <http://pactopormexico.org/>
- _____ (2013), *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, México.
- _____ (2015), *Tercer Informe de Gobierno 2014-2015*, México, pp. 707
- Gómez- Baggethun, E. y De Groot, R., (2007), “Capital natural y funciones de los ecosistemas: Explorando las bases ecológicas de la economía” en *Ecosistemas*, 16 (3), AEET, España Pp. 4-14
- González Navarro, C. (2011). *Programa de electrificación rural FV: pasado, presente y futuro*. En Instituto de Investigaciones Eléctricas (Presidencia), Foro fotovoltaico México 2011: de watts a megawatts, simposio llevado a cabo en el Museo Tecnológico (MUTEC) de la Ciudad de México, 10 y 11 de noviembre de 2011, México.
- Haro Martínez, Alma Angelina, (2006), “La valuación económica de los bienes y servicios ambientales de la cuenca alta del Rio Sonora” (tesis de maestría), Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. México.
- _____ (2011), *La valoración sustentable de los servicios ambientales a nivel de cuenca* (tesis de doctorado), Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., México.

- Haro-Martínez, Alma Angelina e Isabel Cristina Taddei-Bringas, (2014), “Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental”, *Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. XIV, núm. 46, El Colegio Mexiquense, A.C., México. Pp. 743-767
- Hernández Arias, Pablo, (2014), “*Estimación de indicadores económicos y ambientales del sector transporte terrestre privado de una localidad urbana*” (Tesis de maestría), CIAD, A.C., México.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P., (2010). *Metodología de la investigación*, Editorial Mc Graw Hill, México
- Herrera, T. Francisco, 2013, “Enfoques y políticas de desarrollo rural en México, Una revisión de su construcción institucional en cuestionamientos sobre el daño al medio ambiente por parte del modelo de producción capitalista”, *Gestión y Política Pública*, XXII (1), México. Pp. 131-159
- INE (Instituto Nacional de Ecología), (2007), “*Estudio Sobre Economía del Cambio Climático en México*”, México.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático), (2015), “*Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*”, México. Disponible en http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2015_bur_mexico_low_resolution.pdf
- LAERFTE, (2008) “*Ley para el Aprovechamiento de Energía Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*”, Gobierno federal. México.
- LISR, (2013) *Ley del Impuesto Sobre la Renta*, Gobierno Federal. México
- Leff, Enrique. (1998). *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Siglo XXI. México.
- Llano Ortega, Manuel, (2000), “*Centro de investigación sobre el agua y el sol, para el desarrollo sustentable de tierras áridas, en el desierto de Altar: CIASOL*”, Universidad de Sonora, México
- Martín-López, B., E. Gómez-Baggethun, J. González, P. Lomas, & C. Montes, (2009), “The assessment of ecosystem services provided by biodiversity: re-thinking concepts and research needs” en Aranoff, Jason B. (ed), *Handbook of Nature Conservation*, Nova Science Publishers.
- Martínez-Alier, Juan (Col. Roca, Jordi y Sánchez, Jeannette), (1995), *Curso de Economía Ecológica*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México. Edición

1998. Disponible en línea en <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/martinez-alier02.pdf>
- Martínez-Alier, J. y Roca-Jusment, J., (2001), *Economía Ecológica y Política Ambiental* (Segunda Ed.), Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Naredo, José Manuel (de F. Aguilera Klink, V. Alcántara (Comp.), (1994), "Fundamentos de la Economía Ecológica", *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Fuhem e Icaria, Barcelona. Pp.231-252. Consultado en internet el 28 de abril de 2015, disponible en línea en <http://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Actualidad/2011/Naredo.pdf>
- NREL (National Renewable Energy Laboratory), (2014), *Photovoltaic systems pricing trends: historical, recent, and near-term projections 2014 edition*, EUA. Consultado en internet el 4 de noviembre de 2015 en <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/62558.pdf>
- _____ (2015), U.S. Photovoltaic Prices and Cost Breakdowns: Q1 2015 Benchmarks for residential, commercial, and Utility-Scale Systems, EUA. Consultado en internet el 1 de julio de 2016 en <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64746.pdf>
- _____ (2016), *Distributed Generation Renewable Energy Estimate of Costs*. Consultado en internet el 11 de julio de 2016 en http://www.nrel.gov/analysis/tech_lcoe_re_cost_est.html
- Nelson, Gerald C., Mark W. Rosegrant, Amanda Palazzo, Ian Gray, Christina Ingersoll, Richard Robertson, Simla Tokgoz, Tingju Zhu, Timothy B. Sulser, Claudia Ringler, Siwa Msangi y Liangzhi You, (2010), *Food Security and Climate Change Challenges to 2050 and Beyond*, International Food Policy Research Institute, Washington, EUA.
- Olivarrieta Carmona, María Victoria, Christopher John Watts Thorp y Juan Arcadio Sainz Hernández, (2010), "Beneficios de la cuota energética. Estudio de caso de la costa de Hermosillo, Sonora, México, 2006-2007", *Región y Sociedad*, Vol XXII, No. 47. El Colegio de Sonora, México. Pp. 145-164
- ONU (Organización de las Naciones Unidas), (1997), *Protocolo de Kioto*. Japón.
- Ordaz, Juan Luis, Diana Ramírez, Jorge Mora, Alicia Acosta y Braulio Serna. (2010). *Costa Rica Efectos del Cambio Climático en la Agricultura*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), México. Recuperado de <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25921/lcmexl972.pdf?sequence=1>

- Passet, R., (1980), "La doble dimensión energética e informacional del hecho económico", en F. A. Klink y V. Alcántara (eds.) *De la economía ambiental a la economía ecológica*, ICARIA, Barcelona.
- Pérez Ríos, Rafael, (2000), "Tecnología, teoría económica y desarrollo sustentable", Editorial Unison, México.
- Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, (PEAER), (2014), Gobierno Federal, México
- Reyes Martínez Amelia y María Luisa Quintero Soto, (2009), "Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora", *Revista Digital Universitaria*, 10(6), UNAM, México, Pp. 16 – 17
- Riechmann, J. (1995). "Desarrollo sostenible la lucha por la interpretación" en J. M. Naredo y J. Riechmann (Eds.), *De la economía a la ecología*, Trotta, Madrid. Pp 11-35
- Rifkin, J. y Howard, T. (1990), *Entropía: Hacia el mundo invernadero*, Ediciones Urano, Barcelona.
- Rodríguez-Padilla, Víctor y Claudia Sheinbaum Pardo, (2002), "El Sistema de Precios de la Electricidad en México: Problemas y Soluciones", *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, Vol. 33 No. 128, IIEc-UNAM, México.
- Rogério Mossande, Anaclides; Brown Manrique, Oscar; Mujica Cervantes, Albi; Mata Rodriguez, Carlos; Osorio León, Iván, (2015), "Riego por goteo con energía solar en Cavaco, Bengela, Angola" en *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24 (2), Pp. 11-17
- Romero Álvarez, Manuel, (2006), *Energía Solar Termoeléctrica*, Apartado 22; 04200 TABERNAS (Almería), España. Consultado en línea el 28 de abril de 2015 disponible en http://www.uib.cat/facultat/ciencias/prof/victor.martinez/recerca/jornadesl/ManuelRomero/CSP_Termoelectrica.pdf
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), (2006), *Lineamientos para la aplicación del apoyo para disminuir el impacto en los costos de producción por el concepto de energía eléctrica en el bombeo de agua para el riego agrícola*, Gobierno Federal, México.
- _____ (2011, Octubre), Es Sonora el mayor exportador de productos agropecuarios y pesqueros del país., *Boletín informativo*. Consultado en internet el 18 de diciembre de 2015 en

<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sonora/boletines/Paginas/B0822011.aspx#>

Sánchez-Juárez, Aarón, (2003), *Tecnología Fotovoltaica Aplicada al Bombeo de Agua*, FIRCO-SAGARPA, México.

SE (Secretaría de Economía), (2013), *Energías Renovables Unidad de Inteligencia de Negocios*, ProMexico, Gobierno Federal, México consultado en internet el 3 de Febrero de 2016 en http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/42/2/130726_DS_Energias_Renovables_ES.pdf

SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales), (2012), *Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990- 2010 para la Categoría de Energía*, México. Disponible en http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_energia_2010.pdf

_____ (2013), *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*, México. Disponible en http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf

_____ (2014), *Teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero*. Gobierno Federal, México. Consultado el 12 de julio de 2015 en <http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/fomento/documentos/2014/guia-inventaros-gei.pdf>

SENER (Secretaría de Energía), (2010), Consultado el 20 de junio de 2014 en <http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1651&lang=1>

_____ (2012), *Programa Sectorial de Energía 2013-2018*. Gobierno Federal. México. (2013a). *Estrategia Nacional de Energía*, Gobierno Federal. México.

_____ (2013b). *Prospectiva de energías renovables 2012-2026*. Gobierno Federal. México.

_____ (2014), *Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE)*, Gobierno Federal, México. Consultado el 24 de abril de 2015 en línea en <http://inere.energia.gob.mx/publica/version3.3.2/>

_____ (2014). *Estrategia Nacional para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía 2013-2027*. Gobierno Federal. México.

_____ (2015), *Balance Nacional de Energía 2014*, México. Disponible en línea en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44353/Balance_Nacional_de_Energ_a_2014.pdf

Secretaría de Energía (SENER) y Gtz. Col. (2009). “Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México”, *Programa Energía Sustentable en México*. Forever Print S.A de C.V. México. Recuperado el 9 de abril de 2015 disponible en línea en http://www.sener.gob.mx/res/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera), (2015), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

SNL (Sandia National Laboratories), (2013), *Sandia’s Livermore Site to Help Validate Cool Earth Solar’s CPV Technology*, EUA. Consultado en internet el día 28 de octubre de 2015 http://energy.sandia.gov/wp-content/gallery/uploads/CoolEarthSolar_CRADA_factsheet_SAND2013-2945P.pdf

UNISON (Universidad de Sonora), (2011), “Campo de Pruebas de Helióstatos: impulsa el desarrollo nacional en fuentes renovables”, *Gaceta*, (265), UNISON, México. Pp. 12 y 13

Van Campen, B., D. Guidi y G. Best, (2000), “Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles” en *Documento de Trabajo sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales*, (3), FAO, Roma. Consultado el 13 de febrero de 2015 en <http://www.fao.org/uploads/media/Solar%20photovoltaic%20for%20SARD%20ES.pdf>

Vega, J., (2009), Calentamiento global y un plan para salvar el mundo. *Agro Enfoque*, 24, 167, Pp. 22-25

Zárate C., Robert Efraín y Edgar González Rivera, (2013), “La energía solar fotovoltaica en baja california. Un escenario promisorio”, *Experiencias de desarrollo regional en México*, UNACH, México. Pp. 209-236

ANEXOS

Anexo 1. El Análisis de Fortalezas Oportunidades Amenazas y Debilidades de la Incorporación de la ESFV en la Agricultura

El análisis de Fortalezas Oportunidades Amenazas Debilidades (FODA) es una de las herramientas esenciales que provee de los insumos necesarios al proceso de planeación estratégica, agrega la información necesaria para el análisis de las implicaciones de la incorporación de Energía Solar Fotovoltaica, la implantación de acciones y medidas de ajuste en ese proceso.

En este análisis las oportunidades y amenazas, se consideran los factores económicos, sociopolíticos y ambientales que representan las influencias del ámbito externo al proceso de implementación. La previsión de oportunidades y amenazas posibilita la construcción de escenarios anticipados que permitan reorientar el rumbo de las políticas o estrategias a implementar

Las fortalezas y debilidades corresponden al ámbito interno. El proceso de planeación, se debe realizar el análisis de cuáles son esas fortalezas con las que se cuenta y cuáles las debilidades que obstaculizan el cumplimiento de los objetivos estratégicos, en este caso en pos de la implementación de ESFV

De esta forma, el proceso de planeación estratégica se considera funcional cuando las debilidades se ven disminuidas, las fortalezas son incrementadas, el impacto de las amenazas es considerado y atendido puntualmente, y el aprovechamiento de las oportunidades es capitalizado en el alcance de la incorporación de la Energía Solar Fotovoltaica. (Tabla 10)

Fortalezas

✓ Cercanía con proveedores de ESFV.

Sonora es estado vecino de Baja California, donde se encuentran los principales productores de paneles solares a nivel mundial (Zárate y González, 2013). En el estado, existen 27 empresas que proveen productos y servicios relacionados con la industria fotovoltaica, 19 se encuentran en Hermosillo, 4 en Caborca, 3 en Nogales, 3 en Cd. Obregón, 1 en puerto peñasco y 1 en San Luis Rio Colorado¹⁶.

✓ Aprovechamiento de los recursos de manera sustentable

Al ser un recurso natural y cabe mencionar que es el más abundante de la naturaleza, la radiación solar aprovechada mediante la tecnología fotovoltaica constituye una fuente limpia para la producción de energía eléctrica. El cambio de fuente de energía primaria para la generación de energía eléctrica, tiene como consecuencia la disminución de gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmósfera en virtud que se elimina la quema de combustibles fósiles, lo que a su vez incide en la disminución del cambio climático (Romero, 2006, Espejo, 2004, Elenes, 2012, Cabanillas, 2008).

✓ Aprovechamiento de políticas publicas

México cuenta con políticas que incentivan el uso de las energías renovables, tal es el caso del Programa Especial de Aprovechamiento de Energías Renovables sustentado en la ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR) que hace posible la deducción de impuestos del 100% por concepto de compra de tecnología destinada a la utilización o aprovechamiento de las energías renovables. (LISR, 2013). La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), alineados a los programas enfocados al desarrollo sustentable en México, cuentan con apoyos y financiamiento para la adquisición y operación de sistemas de energía renovable.

¹⁶ La suma de todas es mayor a 27 debido a que se contemplan todas las sucursales. Fuente: Elaboración propia

✓ **Reducción de la huella de carbono**

La huella de carbono es definida por la CEPAL (2010) como la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios de los seres humanos, este dato tiene como objetivo estimar la magnitud del impacto de las actividades productivas sobre el medio ambiente, es preciso mencionar que la huella de carbono contempla las emisiones de GEI directas e indirectas. Al no utilizar hidrocarburos para la operación de los sistemas de bombeo de agua, se elimina totalmente la emisión de gases de efecto invernadero contemplados en el protocolo de Kioto¹⁷, lo que ayuda a reducir la huella de carbono. Este hecho puede representar una ventaja competitiva para la agricultura sonorense en virtud de las certificaciones internacionales que el mercado está requiriendo actualmente sobre productos cuyo proceso de producción esté diseñado tomando en cuenta la disminución del impacto ambiental.

Oportunidades

❖ **Reducción del costo de producción a mediano y largo plazo**

La inversión inicial que requiere la instalación de tecnología solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica es generalmente alta, comparado con las fuentes convencionales es alrededor de 5 veces mayor (Sánchez-Juárez, 2003), sin embargo, los beneficios de la utilización de fuentes renovables son atractivos en comparación con las fuentes convencionales, una vez recuperada la inversión es decir a mediano y largo plazo.

❖ **Generación de empleo para la región**

Un estudio de riesgo ambiental aplicado por CFE y SEMARNAT (2006) para la instalación del proyecto de energía solar Agua Prieta II, reveló que es posible emplear a 120 personas directamente (técnicos, administrativos y trabajadores), es necesario considerar que al momento de la instalación de este tipo de proyectos surgen también fuentes de empleo indirectas como capacitación para

¹⁷ Bióxido de Carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs) y Hexafluoruro de azufre (SF₆)

instalaciones fotovoltaicas, mantenimiento de los equipos, transporte de materiales, entre otros. Por otro lado, debido al surgimiento de proveedores especializados en energía solar que apoyen la demanda de servicios de ésta industria, también contribuye a elevar las tasas de empleo en la región.

❖ **Diversificación de las actividades**

Dada la instalación y operación de sistemas fotovoltaicos en la región, se ve la necesidad de la existencia de nuevas empresas proveedoras de mantenimiento, supervisión, capacitación, entre otros rubros, enfocadas a garantizar la continuidad de la operación eficiente de la industria de energía solar.

❖ **Inversiones emergentes**

Debido al atractivo potencial de captación de la energía solar y de la instalación de la industria fotovoltaica en Sonora es necesaria la instalación de proveedores de la industria solar fotovoltaica, esto puede incluir, diseño, fabricación y distribución de insumos, mantenimiento a las instalaciones, publicidad de la empresa, entre otros.

❖ **Disminución de precio con nuevas tecnologías**

La industria de la energía constantemente es contemplada dentro de proyectos de investigación lo que lleva a desarrollar tecnologías más económicas para el aprovechamiento de la ESFV. Un ejemplo son los CPV instalados por los laboratorios estadounidenses *Sandia National Laboratories* y *Cool Earth Solar* en el *Livermore Valley Open Campus*¹⁸ en San Francisco, California que se encuentran en etapa de prueba.

❖ **Puede representar ingreso a largo plazo mediante los mercados de carbono**

¹⁸ Instalaciones propiedad de *Lawrence Livermore National Laboratory* y *Sandia National Laboratories* creadas con el fin de impulsar la colaboración para investigación científica y de ingeniería entre el sector privado, universidades y los propios laboratorios. Fuente: <https://lvoc.org/index.html>

Las empresas que implementen sistemas de energía renovable pueden incursionar en los mercados de carbono¹⁹ (voluntario), es decir, pueden intercambiar un “exceso” en la reducción de GEI por un beneficio económico, a la unidad de transacción se le denomina bonos o créditos de carbono, lo que en el mercado voluntario específicamente se denomina Reducción Verificada de las Emisiones (VER por sus siglas en Inglés) (FAO, 2010).

México, al ser un país en desarrollo, únicamente puede participar en mercados de carbono mediante el Mecanismo para el Desarrollo Limpio, donde los bonos de carbono son comprados principalmente por empresas privadas.

Debilidades

➤ Requiere inversión considerable

Los costos de adquisición de los equipos que utilizan energía solar para la generación de energía eléctrica generalmente son elevados, sin embargo, según la IEA y la SENER, derivado de la innovación tecnológica se observará una tendencia a la disminución de su precio para los próximos años, esto ya se puede afirmar en EUA donde los costos de adquisición de paneles fotovoltaicos cayeron entre 6 y 8% anualmente para 2014 y en 2016 cayeron 15% (NREL, 2014, 2016).

➤ Los estudios de bombeo fotovoltaico apartados de la red

Las investigaciones sobre los impactos del bombeo con ESFV como los realizados por la FAO (2011) y Chel (2011) se realizan en lugares que no cuentan con interconexión a la red eléctrica.

➤ No existen proyectos fotovoltaicos en Sonora instalados en la agricultura

A pesar de que en Sonora existe evidencia de instalación de sistemas fotovoltaicos desde 2009, de los 60 proyectos registrados ante FIRCO, ninguno está diseñado para el abastecimiento de energía eléctrica para bombeo agrícola,

¹⁹ Los mercados de carbono según la FAO (2010) son una plaza económica virtual en la que se compran y venden créditos de carbono.

cabe mencionar que 31 de estos proyectos son para bombeo a pequeña escala donde el agua bombeada es utilizada para abrevadero de ganado.

Amenazas

*** Solo efectivo para bombeo a pequeña escala**

El desarrollo de tecnología que utilice como fuente primaria de energía al sol se ha venido estudiando desde hace varias décadas, sin embargo, en el contexto de la pequeña escala, la utilización de la energía eléctrica proveniente de la energía solar se ha estudiado casi exclusivamente para sectores apartados sin acceso a la red convencional (B. Van Campen, D. Guidi y G. Best, 2000; Rogerio, Brown, Mujica, Mata, Osorio, 2015). Tal es el caso del proyecto de electrificación rural impulsado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) desde la década de 1970. Por otra parte, según la FAO (2000) y Sánchez-Juárez (2003) los sistemas fotovoltaicos para la operación de sistemas de irrigación en comunidades sin conexión a la red eléctrica convencional, únicamente son factibles a pequeña escala (2 Ha o menos).

*** Se requiere instalarlo para evaluar su impacto real**

La Secretaría de Energía (SENER) elabora el Inventario Nacional de Energía Renovable (INER), este proporciona información acerca de la generación de energía eléctrica con fuentes renovables. Incluye una descripción con recursos probados, probables y posibles. Esta separación hace alusión a la necesidad de estudios de campo para la comprobación de la factibilidad técnica, económica, ambiental y social sobre la instalación de tecnologías que utilicen fuentes renovables.

*** Las metas de sustitución energética dependen de la ratificación de tratados internacionales.**

Los objetivos de sustitución energética nacional, están supeditados a la firma de acuerdos internacionales (como el protocolo de Kioto) que obliguen al país a cumplir con una meta de reducción de GEI, sin embargo, sin la ratificación de

estos acuerdos la transición a las economías bajas en carbono únicamente con el objetivo de reducción de GEI, por sí sola estaría en duda.

× **Los apoyos están sujetos a presupuesto público**

Los apoyos económicos para la adopción de tecnologías amigables con el medio ambiente, están sujetos a la aprobación del presupuesto público de la federación, un ejemplo, es el caso de los apoyos de FIRCO en el Componente de Bioenergía y Sustentabilidad 2015 el cual está enfocado en apoyar la adopción de tecnologías con energía renovable, este apartado dejó de recibir solicitudes en el mes de abril de 2015 debido a la alta demanda de este tipo de proyectos (FIRCO, 2015).

Tabla 10. FODA de la incorporación de ESFV en las actividades productivas

FORTALEZAS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cercanía con proveedores de SF ✓ Aprovechamiento de los recursos de manera sustentable ✓ Disminución de emisiones de GEI (directos e indirectos) ✓ Aprovechamiento de políticas públicas ✓ Reducción de la huella de carbono 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requiere inversión considerable ➤ Estudios de bombeo fotovoltaico hechos en zonas rurales apartadas de la red ➤ No existen proyectos fotovoltaicos instalados en la agricultura 	DEBILIDADES
OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Reducción del costo de producción a mediano y largo plazo ❖ Generación de empleo ❖ Diversificación de las actividades ❖ Inversiones emergentes ❖ Disminución en precio con nuevas tecnologías ❖ Puede representar ingreso a largo plazo (mercados de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Solo efectivo para bombeo a pequeña escala ✗ Se requiere instalarlo para evaluar su impacto real ✗ Las metas de sustitución energética están en concordancia a tratados internacionales. ✗ Los apoyos están sujetos a presupuesto público 	AMENAZAS

Fuente: Elaboración propia a partir de información de varios autores

Anexo 2. Proyectos de Energía Solar Fotovoltaica en Sonora (FIRCO)

Fuente: FIRCO (<http://proyectedeenergiarenovable.com>)

	Programa	Año de aplicación	Tecnología	Fin de la actividad	nombre del acreditado	lugar	Monto total del proyecto (\$)
1	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Miguel Ángel Teyechea Rascón	CARRETERA HERMOSILLO-TRINCHERAS KM. 5, MUNICIPIO DE TRINCHERAS, SONORA.	\$ 118,692.00
2	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Heriberto Aguayo Amaya	CARRETERA HERMOSILLO-IMURIS KM. 225, MUNICIPIO DE IMURIS, SONORA.	\$ 71,907.00
3	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	GUSTAVO A. REYES GALINDO	CARRETERA HERMOSILLO-EJIDO MESA DEL SERI KM. 5, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 69,640.00
4	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	ARMANDO CORDOBA	CARRETERA HERMOSILLO-MINERANICO KM. 17, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 67,275.00
5	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Vicente Terán Uribe	CARRETERA HERMOSILLO-AGUA PRIETA KM. 60, MUNICIPIO DE AGUA PRIETA, SONORA.	\$ 78,607.00

6	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Ramón Armando Encinas Quijada	CARRETERA HERMOSILLO-SAN PEDRO DE LA CUEVA KM. 40, MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LA CUEVA, SONORA.	\$ 136,887.00
7	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Emeterio Sánchez Bringas	CARRETERA HERMOSILLO-TONICHI KM. 15, MUNICIPIO DE SOYOPA, SONORA.	\$ 71,500.00
8	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Antonio Topete Hernández	CARRETERA CD. OBREGON- TESOPACO KM. 35, MUNICIPIO DE QUIRIEGO, SONORA.	\$ 83,392.00
9	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Benjamín Salazar López	CARRETERA HERMOSILLO-BANAMICHI KM. 40, MUNICIPIO DE BANAMICHI, SONORA.	\$ 75,333.00
10	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Manuel Johnson Platt	CARRETERA HERMOSILLO-CALLE 36 KM. 7, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 99,738.00
11	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Enrique Escalante Ruiz	CARRETERA HERMOSILLO-ALTAR KM. 60, MUNICIPIO DE ALTAR, SONORA.	\$ 82,246.00

12	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Narciso Enríquez Trujillo	CARRETERA HERMOSILLO-MATAPE KM. 30, MUNICIPIO DE URES, SONORA.	\$ 55,922.00
13	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA RENOVABLE 2009, EJERCICIO 2009	2009	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Irma Villalobos Rascón	CARRETERA HERMOSILLO-ESQUEDA KM. 15, MUNICIPIO DE FRONTERAS, SONORA.	\$ 78,565.00
14	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010	2012	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Ramón Ángel Castillo Vásquez	CARRETERA HERMOSILLO-SUAQUI GRANDE KM. 140, MUNICIPIO DE SUAQUI GRANDE, SONORA	\$ 181,915.00
15	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010	2012	Adquisición de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red	a reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de bombeo de agua, sitio de calentamiento, molino y ventilación.	Rene Ramón Parada Moreno	CARRETERA AL QUIRIEGO KM. 49, MUNICIPIO DE QUIRIEGO, SONORA.	\$ 1,948,586.54
16	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010	2012	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua		Rodolfo López Medina		\$ 42,130.00
17	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010	2012	Adquisición de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red	reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de bombeo de agua, comederos, molino y ventilación	Rene Ramón Parada Moreno (ESPERANCITA S.P.R. DE R.L)	CALLE 19 Y CALLE L EN VILLA JUÁREZ, MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, SONORA	\$ 1,855,993.30
18	FONDO DE LA TRANSICIÓN	2012	Adquisición de un Sistema Fotovoltaico	reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el bombeo de	Ernesto Ramón Becerril Parada	EJIDO FRANCISCO VILLA, MUNICIPIO DE NAVOJOA , SONORA.	\$ 1,855,993.30

	ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010		Conectado a la Red	agua, molino de planta de alimentos y sistemas de climatización			
19	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010	2012	Adquisición de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red	reducción de costos del consumo energético del equipo electromecánico como son los molinos de la planta de alimentos, bomba de agua y sistema de climatización	Gustavo Talamante Díaz	CANAL ALTO Y CARRETERA INTERNACIONAL, MUNICIPIO DE CAJEME , SONORA.	\$ 1,855,993.30
20	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO 2012	2012	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Humberto Julián Escalante de la Puente	CARRETERA HERMOSILLO- GUAYMAS KM. 45, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 100,917.00
21	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Adquisición de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red	reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de sacrificio y deshuese.	Felizardo Arrizon Ballesteros (CORRALES DE ENGORDA DEL DISTRITO DE ALTAR S.A. DE C.V.)	CARRETERA A LAS CALABAZAS KM. 2, MUNICIPIO DE CABORCA, SONORA	\$ 2,013,900.00
22	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Adquisición de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red	reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción y equipo eléctrico.	Leticia Campoy Lucenilla (a ESTABLO ALCA S.C. DE R.L. DE C.V.)	EJIDO ACEITUNAS VALLE DEL YAQUI, MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, SONORA.	\$ 1,246,140.00
23	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	a reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción y ciclo completo.	Blanca Ruth Díaz López (CLAMARAL S.A. DE C.V)	GRANJA ZAMORA, PESQUEIRA, MUNICIPIO DE HERMOSILLO , SONORA.	\$ 1,979,518.00
24	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Jesús Leonardo Aguirre Rendón	CARRETERA HERMOSILLO-TECORIPA KM. 103, MUNICIPIO DE GUAYMAS, SONORA.	\$ 79,040.00

25	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Francisco José Villegas Trillas	CARRETERA HERMOSILLO-SAN JOSÉ DE PIMA, MUNICIPIO DE GUAYMAS, SONORA.	\$ 38,122.42
26	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Concepción Martha Espinoza Astiazaran	CARRETERA HERMOSILLO-MOCTEZUMA KM. 143, MUNICIPIO DE MOCTEZUMA, SONORA.	\$ 90,294.00
27	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Juan Carlos Dewar Castillo	CARRETERA HERMOSILLO-SUAQUI GRANDE KM. 23, MUNICIPIO DE SUAQUI GRANDE, SONORA	\$ 59,174.00
28	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Adquisición de un Refrigerador Solar	objetivo de la conservación de quesos, producto de la ordeña de ganado bovino.	Leonel Lorenzo Juvera Bustamante	CARRETERA HERMOSILLO-CARBO KM. 25, MUNICIPIO DE CARBO, SONORA	\$ 34,051.72
29	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Benancio Valenzuela Quijada	CARRETERA HERMOSILLO-YECORA KM. 176, MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA	\$ 133,242.00
30	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Rodolfo Barrios Guevara	CARRETERA HERMOSILLO-SAHUARIPA KM. 30, MUNICIPIO DE SAHUARIPA, SONORA.	\$ 63,103.45
31	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	El Nuevo Guadalupe de Jesús, S.P.R. de R.L.	CARRETERA HERMOSILLO-IMURIS KM. 53, MUNICIPIO DE IMURIS, SONORA	\$ 74,340.00

32	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Adquisición de un Refrigerador Solar	objetivo de la conservación de quesos, producto de la ordeña de ganado bovino	El Nuevo Guadalupe de Jesús, S.P.R. de R.L.	CARRETERA HERMOSILLO-IMURIS KM. 53, MUNICIPIO DE IMURIS, SONORA.	\$ 46,552.00
33	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción, cuartos fríos y equipo de refrigeración.	Agropecuaria Malichita, S.A. de C.V.	CARRETERA ORTIZ KM. 41 VALLE DE EMPALME, MUNICIPIO DE GUAYMAS, SONORA.	\$ 1,781,260.00
34	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Adquisición de un Refrigerador Solar	Conservación de quesos, producto de la ordeña de ganado bovino.	Margarito Quintero Bernal	CARRETERA HERMOSILLO-MAZATAN KM. 78, MUNICIPIO DE LA COLORADA, SONORA.	\$ 56,220.00
35	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de empaque y cuartos fríos.	Alan Ricardo Aguirre Ibarra (Agrícola Alta Pozo Manuel, S.A. de C.V)	CARRETERA HERMOSILLO-NOGALES KM. 43, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, SONORA.	\$ 1,791,660.00
36	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción de engorda.	Agropecuaria BL, S.A. de C.V.	CARRETERA FUNDICION-QUIRIEGO KM. 12.5, MUNICIPIO DE QUIRIEGO, SONORA.	\$ 1,879,502.00
37	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción, bombeo de agua y ventilación.	Sergio Larraguibel Retes (Granjas Baseran, S.A. de C.V.)	CARRETERA NAVOJOA-MOCHIS KM. 10, MUNICIPIO DE NAVOJOA , SONORA.	\$ 1,989,412.40
38	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción y cuarto frío.	Eduardo Coppel Lemmen Meyer (Agroexportaciones del Desierto, S.A. de C.V.)	CALLE LIGA 28 Y 36 CAMPO SAN ARTURO, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 1,920,144.17
39	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA	2013	Sistema Fotovoltaico	Reducción de costos del consumo energético que se	Cesar Javier Larrinaga Ruiz (Agropecuaria Alcema, S.P.R. de R.L)	FUENTE SAUCO COL. 14 DE ENERO, MUNICIPIO DE	\$ 1,999,679.60

	BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO		Interconectado a la Red Eléctrica	utiliza en el proceso de empaque.		HUATABAMPO, SONORA.	
40	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción y planta de alimentos	(Alfonso Encinas Menneses) Granjas Avícolas Rancho Grande, S.P.R. De R.L.	CARRETERA INTERNACIONAL KM. 1845, MUNICIPIO DE CAJEME, SONORA.	\$ 1,999,679.60
41	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción y cuartos fríos.	Alan Ricardo Aguirre Ibarra (Viñedos Prima S.A. de C.V.)	CALLE CERO NORTE KM. 13 MIGUEL ALEMAN, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 884,830.59
42	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción y ciclo completo.	Miguel Humberto Olea Ruiz (Alianza Para La Producción Soles, S.A. de C.V.)	CALLE BASE S/N BACUM , MUNICIPIO DE BACUM, SONORA.	\$ 1,999,679.60
43	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción, empaque y cuartos fríos.	Marco Antonio Llano Zaragoza (Guadalupe de Guaymas, S.P.R. De R.L)	CARRETERA A LA MISA KM. 7, MUNICIPIO DE GUAYMAS, SONORA.	\$ 2,099,369.30
44	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción y ciclo completo.	Ricardo Monsivais González (Agropecuaria Adobe S. A. de C. V.)	COCORIT, MUNICIPIO DE CAJEME, SONORA.	\$ 1,999,679.60
45	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción, empaque y molienda de grano.	José Antonio Díaz Quintanar (Café del Pacífico, SAPI de C.V.)	BLVD. ENRIQUE MAZON LOPEZ #626, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 1,997,631.00
46	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción, sistema de enfriamiento y equipo de refrigeración.	Juan Carlos Díaz Quintanar (Rancho El 60 de Sonora, Sa de C.V.)	CARRETERA HERMOSILLO-NOGALES KM. 60, MUNICIPIO DE CARBO, SONORA.	\$ 622,912.50

47	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de envasado, proceso de criba y equipo eléctrico.	José Manuel Martínez Martínez (Asociación Agrícola Hermosillense, S.A. de C.V.)	CARRETERA A NOGALES KM. 10, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 1,878,918.62
48	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción, bombeo y extractores	Luis Jesús Gautrin Ortiz	ENGORDA SAN JOAQUIN EN URES, MUNICIPIO URES, SONORA	\$ 1,927,180.00
49	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción y ciclo completo.	Armando Bloch Rubio (Agropecuaria El Lechón, S.P.R. de R.L.)	CALLE 26, ENTRE 20 Y 28 SUR, COSTA DE HERMOSILLO, MUNICIPIO HERMOSILLO, SONORA	\$ 1,864,000.00
50	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción, bombeo de agua, ventilación y molino.	Armando Bloch Rubio (S.P.R. de R.L. Los Cochitos)	PES QUEIRA, MUNICIPIO DE PESQUEIRA, SONORA.	\$ 1,864,000.00
51	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica	Reducción de costos del consumo energético que se utiliza en el proceso de producción, cuarto frío, motores y compresores.	Antonio Bojórquez Romo (Sonora Agropecuaria, S.A. de C.V.)	CARRETERA MEXICO-NOGALES KM. 1778, MUNICIPIO DE NAVOJOA, SONORA.	\$ 1,997,632.00
52	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA BIOECONOMÍA 2010, EJERCICIO	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Fernando Antonio Torres Padilla	CARRETERA HERMOSILLO-YECORA KM. 166, MUNICIPIO DE SOYOPA, SONORA.	\$ 43,613.00
53	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍAS RENOVABLES 2013, EJERCICIO 2013	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Dimas Ramírez Salazar	CARRETERA HERMOSILLO-OPODEPE KM. 150, MUNICIPIO DE OPODEPE, SONORA	\$ 73,189.66

54	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍAS RENOVABLES 2013, EJERCICIO 2013	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Héctor Rene López Vucovich	CARRETERA HERMOSILLO-BENJAMÍN HILL KM. 50, MUNICIPIO DE TRINCHERAS, SONORA.	\$ 76,982.76
55	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍAS RENOVABLES 2013, EJERCICIO 2013	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Susana Judith Díaz Cinco	CARRETERA HERMOSILLO-URES KM. 21, MUNICIPIO DE URES, SONORA.	\$ 59,512.00
56	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍAS RENOVABLES 2013, EJERCICIO 2013	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Francisco Salvador López Maldonado	CARRETERA HERMOSILLO-LA COLORADA KM. 25, MUNICIPIO DE LA COLORADA, SONORA.	\$ 64,343.23
57	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍAS RENOVABLES 2013, EJERCICIO 2013	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Jorge Luis Molina Elías (Agroindustrias Gema, S.A. de C.V S.A. de C.V.)	CARRETERA MINERANICO KM. 52, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA.	\$ 189,500.66
58	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍAS RENOVABLES 2013, EJERCICIO 2013	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	Rosa María Esquer Félix	CARRETERA NAVOJOA-ALAMOS KM. 28.5, MUNICIPIO DE ALAMOS, SONORA.	\$ 112,826.69
59	FONDO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ENERGÍAS RENOVABLES 2013, EJERCICIO 2013	2013	Sistema Fotovoltaico Autónomo para Bombeo de Agua	Abrevadero de ganado	MARTHA PLATT GÁNDARA	RANCHO SANTA MARTHA KM. 33, MUNICIPIO DE LA COLORADA, SONORA.	\$ 170,580.00
60	FONDO DE LA TRANSICIÓN	2013	Sistema Fotovoltaico	Abrevadero de ganado	RAÚL SYMONDS AGUILAR	RANCHO LA NORIA CARRETERA A	\$ 143,544.00

ENERGÉTICA
ENERGÍAS
RENOVABLES 2013,
EJERCICIO 2013

Autónomo para
Bombeo de Agua

TECORIPA KM. 15,
MUNICIPIO DE LA
COLORADA, SONORA.

Anexo 3. Proveedores de Energía Solar Fotovoltaica en Sonora

Fuente: Elaboración Propia

	Empresa	Giro	Ubicación	Datos de contacto
1	Poder Solar	Diseño, venta, instalación y servicio de sistemas de energía solar	Av. Nuevo León #75, Hermosillo, Son	662 213 4304 podersolarmx@hotmail.com http://podersolarmx.tripod.com/
2	Desmex Solar Hermosillo	Franquicia dedicada a la venta, instalación y servicio de diferentes alternativas de construcción sustentable basado en ESFV. (Iluminación, fachadas, toldos, etc).	Av. José María Morelos y Pavón 307, Sacramento, 83145 Hermosillo, Son	662 211 1785 http://www.desmexsolar.com/
3	Energía Solar y Proyectos Sustentables ESPS SA de CV (*)	Venta, instalación y servicio técnico de sistemas de energía solar fotovoltaica y térmica.	General Yañez 445 B, San Benito, 83190 Hermosillo, Son.	662 210 4859 http://www.esps.com.mx/
4	Energía Pueblo Solar SA de CV (*)	Venta, instalación y servicio técnico de sistemas de energía solar fotovoltaica.	Paseo Río Sonora Norte 76, Proyecto Rio Sonora Hermosillo XXI, Hermosillo, Son	Tel. +52 (662) 212 1523 http://pueblosolar.mx/
5	Solarscape de México SA de CV (*)	Diseño e instalación de sistemas industriales de energía solar, incluyendo la instalación, financiamiento integrado y servicios de consultoría solar.	Eusebio Francisco Kino 309, Country Club, 83010 Hermosillo, Son.	662 280 5103 http://www.solarscape.com.mx/
6	Minisplit Solares y Energías	Compañía desarrolladora, integradora y comercializadora de equipos de refrigeración solares, así como sistemas fotovoltaicos.	García Aburto 434, Hermosillo, Son.	66230944-52, 6621 60-06-17

Renovables del Noroeste			
7	Flotsser Energía Solar	Empresa dedicada principalmente al ramo de la construcción en obra civil, adicionando opciones de venta y consultoría en el ramo de la energía solar.	Ave. Sierra Campanero 118 y Sierra Maycoba esquina. Col. Solidaridad C.P. 83116 Hermosillo, Sonora, México (662) 118 7370 http://flotsser.com/ contacto@flotsser.com
8	Solarix Energy / PECOM	Venta e instalación de sistemas de energía solar para uso residencial y comercial. Instalaciones eléctricas/electromecánicas.	Plaza las Palmas, Blvd. Solidaridad No. 335, Edificio A, Nivel 2, Paseo del Sol, 83246 Hermosillo, Son. (662) 260 6761 ventas@solarix.mx http://www.solarix.mx http://pecomsa.com/
9	Sonner Energía Solar	Consultoría e ingeniería que realiza estudios, proyectos e instalaciones para el ahorro de energía mediante el uso de fuentes renovables.	Periférico Norte 156 Local-D, Balderrama, 83180 Hermosillo, Son. (662) 267 0077 contacto@sonner.com.mx http://www.sonner.com.mx/
10	Alamo solar de México	Venta e instalación de sistemas y bombas solares interconectados o autónomos.	http://www.alamosolar.com/ Hermosillo (662) 128-8603 y (662) 155-6346 Nogales (631) 299-8759 Caborca (637) 372-0833
11	Solarsnap	Manufactura, comercialización instalación y mantenimiento y celdas fotovoltaicas y equipos de almacenamiento y transformación de energía.	Blvd. de los Series 13-A. Parque Industrial. Hermosillo, Sonora, México (662) 319-7176 contacto@solarsnap.com http://solarsnapmx.com/
12	Rennergy		http://www.rennergy.mx/

		Diseño, instalación, diagnóstico, mantenimiento de sistemas de energía renovable (solar y eólica).	Ave. Manuel Z. Cubillas No.52 Col. Centenario C.P. 83260 Hermosillo, México.	6622 12 53 46
13	MM Electric and Solar SA de CV.	Comercialización e instalación de equipos y componentes eléctricos tanto convencionales como de energía renovable (biogás y energía solar).	Revolución No. 42 Norte, entre Zacatecas y Tamaulipas, Col. Centro. C.P. 83000 Hermosillo, Sonora, México.	http://www.mmelectric.com.mx/ (662) 215-26-56, 210-27-80 y 210-55-28
14	Calderas y Sistemas Hidráulicos S.A. de C.V.	Venta e instalación de sistemas hidráulicos y calentadores de agua convencional y solar.	Leopoldo Ramos #127 / Reyes y Piña, Hermosillo, Sonora	(662)215-45-87 info@calderasysistemas.com.mx http://calderasysistemas.com.mx
15	Solarex	Venta, instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Asesoría para lograr la eficiencia energética.	Cuernavaca #117 Hermosillo Sonora 83190	http://www.solarex.com.mx/ 662 210 6171
16	Forza Systems	Asesoría, venta e instalación de sistemas fotovoltaicos.	Hermosillo, Sonora	662 244 6780 http://www.forzasystems.com/
17	Dynamo Solar SA de CV	Venta de accesorios para sistemas fotovoltaicos	Pedro Moreno 24, Hermosillo, Sonora	gproyectos@dynamosolar.net rsilvat@gmail.com
18	Aselec	Construcción de obra eléctrica, electromecánica y civil y venta de material eléctrico. Asesoría, proyecto y construcción de proyectos de energía renovable (eólicos y solares).	-Ignacio Romero no. 111 entre Tlaxcala y Aguascalientes, Hermosillo, Sonora. -Monte Urales 750, 5 piso, Lomas de Chapultepec, México DF	01 800 15 15 99 http://www.aselec.mx/
19	Ingeniería del Cobre	Construcción de obra eléctrica, electromecánica y civil y venta de material eléctrico y de refrigeración. Asesoría, proyecto y construcción de proyectos de energía renovable (solares). Mantenimiento a subestaciones eléctricas.	Tlaxcala #77 Entre Yañez y Escobedo Colonia San Benito 83290 Hermosillo, Sonora.	http://ingenieriadelcobre.com/ administracion@ingenieriadelcobre.co (662) 2 10 50 04

20	Proyectos y Soluciones en Energía	y Consultoría, diseño, gestión de trámites, supervisión e instalación de sistemas de energía solar.		(662)-302-5366 Contacto@PSEnergia.com.mx http://www.psenergia.com.mx/
21	Enilso S de RL CV (*)	Asesoría, venta, distribución e instalación de sistemas fotovoltaicos.	-Calle Obregón #507 Oeste Col. Industrial. Caborca, Sonora 83640 -Calle Nayarit #213 local 3 entre Reforma y Guadalupe Victoria Col. San Benito Hermosillo, Sonora 83190 -Nogales, Sonora -Cd. Obregón, Sonora -Culiacán, Sinaloa	(637) 372 3640 (662) 212 1588 (631) 108 0776 (644) 143 0305 (644) 161 0058 (667) 328 7918
22	Alerta y Comunicación Al Instante SA de CV	Proveedor de equipos de telecomunicaciones, CCTV, paneles solares e iluminación.	-Av. P #37, Colonia Centro, Caborca, Sonora. -Av. Francisco I Madero #61, Puerto Peñasco, Sonora	http://alertcom.com.mx/ info1@alertcom.com.mx 637 372 4157 y 637 3724158 info2@alertcom.com.mx 638 383 4110 y 638 383 5320
23	Maz Sol	Comercialización e instalación de sistemas solares (calentadores solares, servicios de paneles solares aislados, bombas hidráulicas solares, refrigerador o congelador solar).	Álvaro Obregón #402B esquina con calle Z. Caborca, Sonora	637 376 0185 https://www.facebook.com/mazsol.3

24	ST Vanguardia de CV (*)	Venta partes, accesorio y refacciones de equipo de impresión (multifuncionales), diseño, instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos, estudios de eficiencia energética.	Miguel Alemán 158 Norte, Col. Centro, Obregón, Sonora	01 800 831 6373 01 (644) 4159920 y 30 contacto@stdevanguardia.com http://stdevanguardia.com/index.php
25	SCAEE Sistemas de Control y Automatización S.A. de C.V. (*)	Eficiencia, ahorro, control y automatización de procesos relacionados al suministro, extracción y distribución del agua. Operación y diseño de proyectos de eficiencia energética. Proyectos de energía solar.	.Chihuahua No. 446 Col. Zona Norte C.P. 85010 Cd. Obregón Sonora. -Blvd. Cascada No. 2 Int. 3 Col. Las Huertas 2° Sección, Tijuana, BC	(644) 415-3975 contactoobregon@scaee.com.mx
26	Roberto Corella Pompa (Sistemas Solares de Sonora)	Venta e Instalación de Celdas Solares, Inversores y Bombas Sumergibles para uso doméstico, ranchos, irrigación y proyectos a pequeña y grande escala.	Col. Chula Vista, 84050 Nogales, Sonora, México	01 631 302 3373 https://www.facebook.com/Sistemas-Solares-de-Sonora-1632960016936729/ sistemassolaresdesonora@hotmail.com
27	Eléctrica Díaz S de RL de CV (*)	Venta de material y equipo eléctrico para proyectos de ingeniería eléctrica. Instalaciones eléctricas en baja y alta tensión, servicio de reparación de transformadores eléctricos, equipo de bombeo.	Avenida Juárez y Calle 6ta. Colonia Comercial CP 83449	Tel.: (653) 534-1956 octaviomt@electricadiaz.com.mx