



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ECONOMÍA ♦ DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES EN ECONOMÍA

***Análisis del aprovechamiento de la Energía Solar con
“Sistemas Fotovoltaicos”
en el sector residencial de México
y su contribución en la mitigación de CO₂.***

ENSAYO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
:
Especialista en Economía Ambiental y Ecológica

PRESENTA:

Abraham Laurencio Martínez Bautista

TUTORA:

Mtra. Karina Caballero Güendulain

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

enero 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Agradecimientos.....	3
Resumen	4
Introducción	6
Tema 1	8
El Cambio Climático: origen, efectos y consecuencias.....	8
Gases de efecto invernadero: origen, clasificación y evolución.....	11
Tema 2	16
- Reseña de las Organizaciones creadas a nivel internacional para la elaboración de acuerdos ante los efectos del Cambio Climático.....	16
- Reseña de las Organizaciones creadas en México para la implementación de políticas públicas ante los efectos del cambio climático y compromisos adquiridos para la mitigación de gases de efecto invernadero.....	18
Tema 3	20
- Producción y Oferta de energía primaria en México.....	20
- Consumo de energía en el sector residencial de México.....	22
- Consumo de energía eléctrica y solar en los sectores de la economía.....	23
Tema 4	27
- ¿Qué son las energías renovables?.....	27
- Capacidad instalada para el aprovechamiento de la energía solar..... a nivel internacional con sistemas fotovoltaicos.	27
- Capacidad instalada para el aprovechamiento de la energía solar..... en México con sistemas fotovoltaicos.	28
- Capacidad instalada y uso de la energía solar en el sector residencial de México...	28
- Capacidad proyectada de sistemas fotovoltaicos en el periodo 2014-2029..... en México	29
Tema 5	31
- Regulación de los sistemas fotovoltaicos en el sector residencial de México..... y sistema tarifario	31
- Subsidios asignados al consumo de energía eléctrica.....	32
- Escenarios propuestos para la mitigación de GEI al instalar sistemas fotovoltaicos en el sector residencial de México.....	33
Tema 6	41
Comentarios generales	41
Conclusion.....	43
Bibliografía.....	45

Agradecimientos

A Lupis con cariño por su gran apoyo y palabras de motivación para la realización de este trabajo.

A Jorgito, por su gran dedicación al estudio y por la suerte de tenerlo a mi lado.

A la Mtra. Karina Caballero Güendulain por sus comentarios y observaciones tan acertadas que me permitieron llevar a buen fin este trabajo.

Resumen

En este trabajo se indica el origen, efectos y consecuencias del cambio climático, las fuentes de los gases de efecto invernadero (GEI), su clasificación y evolución, se describe brevemente la creación de organismos internacionales y nacionales para la elaboración de políticas públicas relacionadas con temas de mitigación de gases de efecto invernadero y el cambio climático.

Se analiza la producción y oferta de energía primaria, el consumo de energía eléctrica en el sector residencial, la participación de las energías renovables en la matriz energética del país, en particular, se analiza el desarrollo y aprovechamiento de la energía solar a través de sistemas fotovoltaicos en el sector residencial de México. Asimismo, se revisan los subsidios asignados al consumo de energía eléctrica y el sistema tarifario en el sector residencial.

Finalmente, se analiza la rentabilidad de tres escenarios propuestos al instalar un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica a los usuarios registrados en tarifa 1 de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y se realiza una estimación de los beneficios económicos y sociales al implementar su instalación en el sector residencial y de forma especial, los beneficios ambientales relacionados con la cantidad de toneladas de CO_{2e} que se evitaría descargar al ambiente.

Palabras clave: Q4, Q41, Q42, Q48, Q51, Q53, Q54, P28.

Abstract

This contribution indicates the origin, effects and consequences of climate change, sources of greenhouse gases as well as their classification and evolution. Hereafter, briefly describes the creation of international and national agencies for the development of public policies related to greenhouse gas mitigation and climate change.

This work analyzes the production and supply of primary energy, electric energy consumption in the residential sector as well as the participation of renewable energies in the country's energy matrix. Particularly, is analyzed the development and use of solar energy through photovoltaic systems in the Mexican residential sector. At the same, assigned subsidies to the consumption of electric energy and the tariff systems in the residential sector are reviewed.

Finally, we analyze the profitability of three proposed scenarios when installing a photovoltaic system for the electric energy generation to user registered in rate 1 of the Federal Electricity Commission (CFE), and also an estimation of the economic and social benefits of implementing these systems in the residential sector is presented. In addition, the environmental benefits related to the quantities of tons of CO₂ that would be avoided to discharge at the environment.

Keywords: Q4, Q41, Q42, Q48, Q51, Q53, Q54, P28

Introducción

El cambio climático es un proceso muy antiguo originado por causas naturales, por ejemplo, la erupción de un volcán emitiendo gases a la atmósfera entre ellos los precursores del efecto invernadero como el bióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) provocando un aumento gradual de la temperatura del planeta (IPCC, 2014).

El hombre ha modificado el sistema terrestre desde su aparición sobre la Tierra, sin embargo, hasta el siglo XVIII, su influencia en el medio ambiente se había mantenido a escala local, en pequeña magnitud, pero a partir de la Revolución Industrial y en específico en la última mitad del siglo veinte (Galindo, 2009) su crecimiento poblacional y desarrollo tecnológico basado en el uso de combustibles fósiles ha incrementado la emisión de gases de efecto invernadero mostrando así su capacidad de destrucción sobreexplotando los recursos naturales y haciendo un uso ineficiente de ellos provocando el aceleramiento del fenómeno conocido como cambio climático.

En las últimas décadas se han realizado convenciones, foros y cumbres mundiales (Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro-1992), Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés) para analizar el fenómeno del cambio climático en las que México ha participado e incluso organizó la COP 16 en Cancún Quintana Roo en 2010, en estas cumbres se han firmado acuerdos por parte de países desarrollados y países con economías emergentes que establecen las líneas a seguir para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y disminuir las externalidades negativas del cambio climático.

En la actualidad los fenómenos meteorológicos: sequías, huracanes, inundaciones, incremento del nivel del mar, etc) que se presentan en diversas regiones del planeta asociados al cambio climático son más intensos (Galindo, 2009), por lo que cabe preguntarse qué es lo que está impidiendo o fallando de los acuerdo firmados en las cumbres, de los estudios científicos e investigaciones realizadas ampliamente por instituciones gubernamentales y privadas a nivel mundial, de la tecnología desarrollada y utilizada en los diferentes sectores de la economía y de las políticas públicas generadas para que los efectos adversos del cambio climático no disminuyan, al contrario, se estén agravando y presentando con mayor frecuencia e intensidad afectando las actividades económicas y a la sociedad (Galindo, 2009).

En México se han creado instituciones gubernamentales, institutos de investigación para analizar el origen del cambio climático, sus efectos y consecuencias, se elaboran escenarios del sector energético en cuanto a la demanda de combustibles fósiles y su emisión asociada de GEI, se ha emitido la Ley de Transición Energética, Ley de Cambio Climático, Normas y Reglamentos que modifican los procedimientos para la verificación vehicular, Normas Oficiales de Eficiencia Energética, elaboración de proyectos que muestran los beneficios económicos, sociales y ambientales en el uso de las Energías Renovables como es el caso de la tecnología para el aprovechamiento de la energía solar en los diferentes sectores de la economía, sin embargo, los efectos del cambio climático continúan presentándose

impidiendo que se alcance el Desarrollo Sustentable que ya desde los años ochenta se planteaba en la Publicación “Nuestro Futuro Común” (Brundtland, 1987).

Por lo tanto, cabe preguntarse nuevamente qué es lo que está fallando ante tanta información generada a través de más de 25 años, que no se ha logrado este bienestar común y el ambiente se continúa degradando de manera irreversible, por qué no se ha desarrollado un mercado fuerte para el uso de las energías renovables en el sector residencial del país, será que se requieren de leyes más rígidas, de personas e instituciones que realmente las apliquen, mayor educación ambiental o se tendrán grandes reservas de petróleo que impide la transición energética.

En este trabajo, el objetivo es mostrar el potencial que tiene el país para el aprovechamiento de la energía solar y generar la energía eléctrica que demanda el sector residencial y la reducción de emisiones de GEI asociada, así como, los beneficios de una reorientación del subsidio que se asigna al consumo de energía eléctrica en el sector residencial que contribuiría a transitar hacia un crecimiento económico con baja intensidad de carbono (Galindo, 2009).

Este trabajo está integrado por seis temas; en el primero se describe ¿Qué es el cambio climático?: origen, efectos y consecuencias, así como, el origen, clasificación y evolución de los gases de efecto invernadero (GEI), en el segundo se abordan aspectos relacionados con la creación de organismos internacionales y nacionales para la elaboración de políticas públicas, acuerdos y compromisos diferenciados ante los efectos del cambio climático y los compromisos que México adquirió en temas de mitigación de GEI, en el tercero se analiza la producción y oferta de energía primaria, así como, su consumo en el sector residencial del país, en el cuarto se describe brevemente qué son las energías renovables, su desarrollo a nivel internacional y nacional, en particular, se analiza el aprovechamiento de la energía solar a través de sistemas fotovoltaicos en el sector residencial de México y escenarios de crecimiento para el 2029, el tema cinco trata sobre los subsidios asignados al consumos de energía eléctrica, el sistema tarifario en el consumos de energía eléctrica, regulación de los sistemas fotovoltaicos en el sector residencial y escenarios propuestos para la mitigación de GEI al instalar sistemas fotovoltaicos en el sector residencial de México, el tema seis trata observaciones generales y las conclusiones.

Tema 1

El Cambio Climático.

El cambio climático es el resultado del uso intensivo de la atmósfera como receptora de emisiones de gases de efecto invernadero GEI (IPCC, 2007), y por la consideración que en algún momento se tuvo de la atmósfera, de los ríos, lagos, océanos y mares que podrían funcionar como sumideros que tenían la capacidad de absorber y regenerarse ante cualquier cantidad de materia, energía o GEI descargada en ellos. El problema surgió cuando esta capacidad en poco tiempo fue saturada por una mayor emisión de GEI, situación que en las últimas décadas se ha visto acelerada por una mayor actividad antropogénica basada en el uso de combustibles fósiles (IPCC, 2014).

Investigaciones realizadas encuentran una dependencia directa entre el incremento de la temperatura y el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) generados principalmente por la quema de combustibles fósiles (IPCC, 2014).

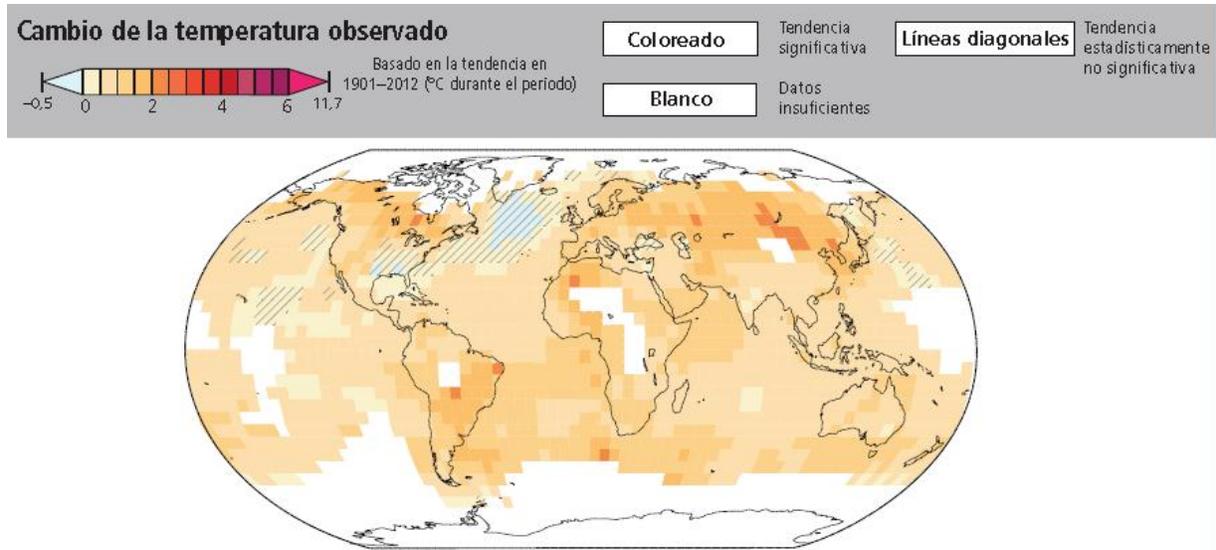
Si continúa la tendencia en el aumento de emisiones, la temperatura terrestre para el año 2050 podría aumentar hasta 4(°C) (IPCC, 2014), lo que se traduciría en cambios climatológicos y geográficos relevantes, poniendo en riesgo la subsistencia de innumerables especies de flora y fauna, de ello no está exenta la especie humana cuya actividad ha contribuido al cambio climático.

Cabe mencionar que los GEI en la atmósfera se presentan de manera natural y esta presencia en cantidades adecuadas es lo que ha permitido que la vida se desarrolle tal cual la conocemos, sin embargo, cuando la atmósfera es saturada por una mayor concentración de estos, se genera un desequilibrio térmico provocando que se presente con mayor intensidad el efecto invernadero “incremento de la temperatura del planeta” manifestándose en cambios del clima terrestre “cambio climático” afectando a la biósfera y a la humanidad en su conjunto.

De acuerdo con el quinto Informe de Evaluación elaborado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, el calentamiento global del periodo 1850-1900 al periodo 1986-2005 fue de 0.61 (°C), figura 1 y gráfica 1.

Mapa del cambio observado en la temperatura media anual de 1901-2012, derivado de una tendencia lineal en la que la suficiencia de datos permite obtener una estimación sólida en el rango: -0,53 a 2,50 (°C).

Figura 1. Mapa del cambio observado en la temperatura media anual de 1901- 2012



Fuente: IPCC 2014

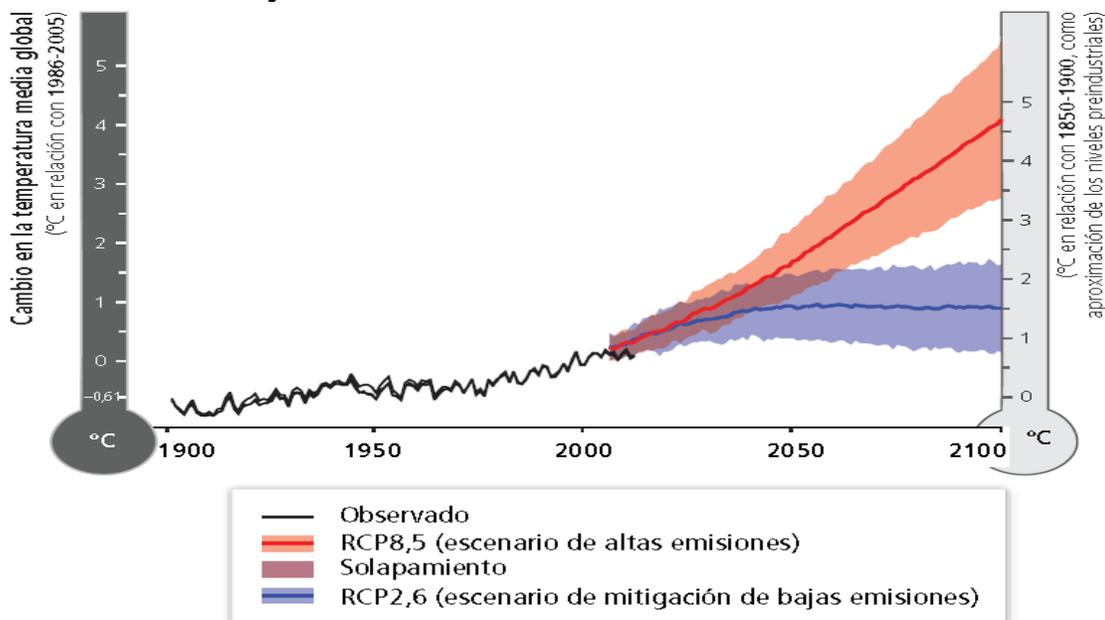
Las áreas de color naranja en el mapa indican regiones donde la suficiencia de datos permite observar que la tendencia al incremento de la temperatura entre 1 y 2(°C) es altamente significativa, afectando la biodiversidad de la Tierra como la economía general global.

El riesgo de una pérdida mayor de biodiversidad con destrucción conexas de bienes y servicios ecosistémicos es alto en caso de un calentamiento adicional de alrededor de 3(°C) o superior (IPCC, 2014).

Las líneas diagonales (color azul) indican regiones donde las tendencias son poco significativas y los riesgos asociados son moderados con un calentamiento adicional entre 0 y 1 (°C), y en las regiones en blanco aún no se cuenta con suficiente información para establecer su tendencia hacia el incremento de temperatura.

El calentamiento observado promedio desde el período 1850-1900 al período 1986-2005 es de 0.61 (°C) (intervalo: 0.55 a 0.67 °C) líneas en color negro. Las líneas azul, roja y el sombreado indican la media y el rango de ± 1.64 de los escenarios proyectados.

**Gráfica 1. Temperatura media anual global observada y futura
Proyectada en relación con 1986-2005**



Fuente: IPCC, 2014

Algunos riesgos del cambio climático son considerables entre 1 y 2 (°C) “línea azul” por encima de los niveles preindustriales. Existe un riesgo de cambio climático global muy alto con un aumento de la temperatura media global de 4(°C) “línea roja” por encima de los niveles preindustriales, que conlleva impactos graves y generalizados en sistemas únicos, extinciones de especies, grandes riesgos para la seguridad alimentaria global y regional.

De forma general, las tendencias de los escenarios indican incrementos importantes de temperatura para finales del siglo provocando que aumenten los riesgos conexos al clima existentes y se generen nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos. Algunos de esos riesgos se limitarán a un sector o región particular, y otros tendrán efectos en cascada. En menor medida, el cambio climático proyectado también indica algunos beneficios potenciales temporales (IPCC, 2014).

El mismo informe establece que la continua y acelerada emisión de GEI, generará mayor calentamiento incrementando la posibilidad de impactos más severos en los ecosistemas y la humanidad debido a sus efectos irreversibles en el mediano y largo plazo, pues la permanencia en la atmósfera de estos gases una vez emitidos es de varias décadas principalmente el CO₂.

Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero son aquellos que se acumulan en la atmósfera de la Tierra y tienen la capacidad de absorber la radiación infrarroja del Sol, aumentando y reteniendo el calor allí mismo, en la atmósfera, es decir, un gas de efecto invernadero (GEI) es todo gas que contribuye al efecto invernadero, lo intensifica y lo vuelve más peligroso, entre otras cosas, aumenta considerablemente la temperatura del planeta (IPCC, 2014).

Conforme al Tercer Informe de Evaluación del IPCC el potencial de calentamiento de los gases que se muestran en el cuadro 1, el metano es 23 veces más potente que el bióxido de carbono, el óxido nitroso 296 veces y los hidrofluorocarbonos 120 veces, respectivamente. En cuanto a la vida media de estos gases una vez descargados en la atmósfera, la del bióxido de carbono es la mayor de 50 a 200 años, de ahí su importancia en mitigar sus emisiones.

De las 49 ($\pm 4,5$) GtCO_{2eq}/año antropogénicas de GEI emitidas en 2010, el CO₂ sigue siendo el principal GEI y representa el 76(%) ($38\pm 3,8$ GtCO_{2eq}/año) del total de GEI antropogénico emitidos en 2010. El 16(%) ($7,8\pm 1,6$ GtCO_{2eq}/año) proviene del metano (CH₄), el 6,2(%) ($3,1\pm 1,9$ GtCO_{2eq}/año) del óxido nitroso (N₂O) y el 2(%) ($1,0\pm 0,2$ GtCO_{2eq}/año) de gases fluorados (ver gráfica 2).

Cuadro 1. Gases de efecto invernadero considerados en el Protocolo de Kioto

GEI	GWP – TAR (CO_{2e})	Vida media (años)	Origen	Participación porcentual de las emisiones totales en 2010
Bióxido de Carbono	1	50 a 200	Quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales	76
Metano	23	12 _± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, emisiones fugitivas	16
Óxido nitroso	296	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos, algunos usos médicos	6.2
Hidrofluorocarbonos (HFC-152-a)	120	1.5 a 264	Refrigeración, aire acondicionado, extinguidores, petroquímica, solventes en producción de espumas, refrigerantes y aerosoles,	2

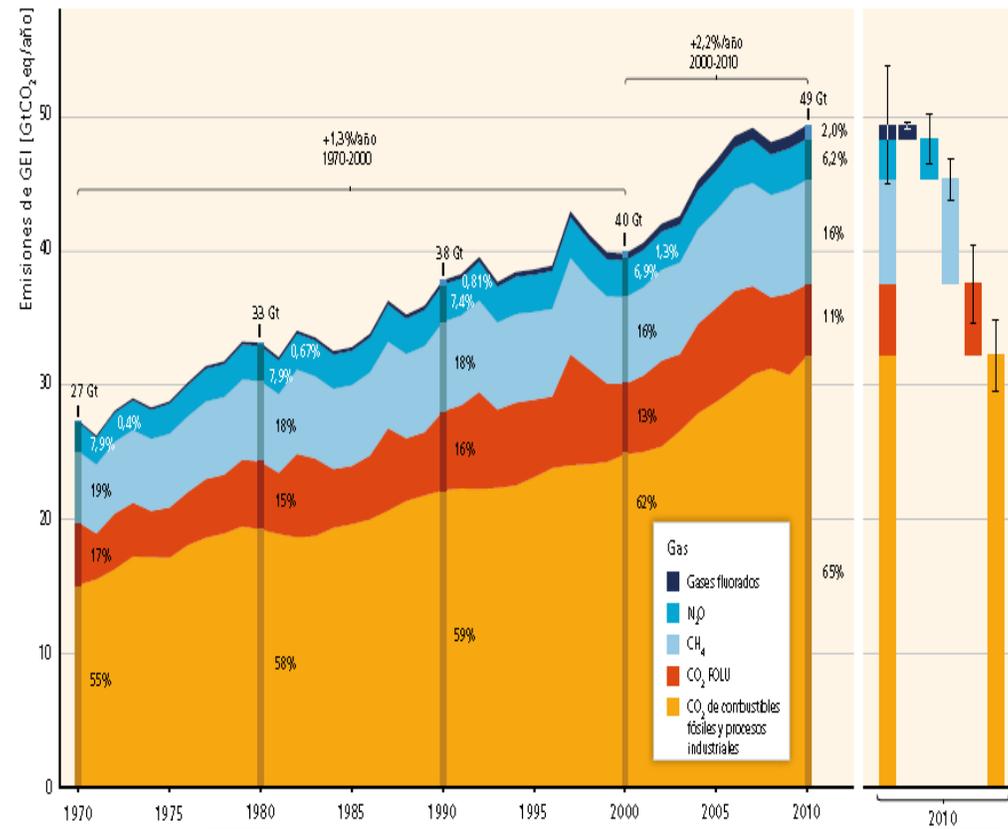
Fuente: IPCC, 2001.

Nota: El potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) permite una contabilidad en términos de equivalentes de CO₂, o CO_{2e}. Las equivalencias basadas en el potencial de calentamiento global se sustentan en valoraciones realizadas en el SAR: Segundo Informe de Evaluación del IPCC) y en el TAR (Tercer Informe de Evaluación del IPCC). Para la contabilidad de Reducciones Certificadas de Emisiones del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (CER, por sus siglas en inglés) aplican las equivalencias del SAR.

Evolución de los gases de efecto invernadero

Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) totales han continuado en aumento de 1970 a 2010 y los mayores aumentos decenales absolutos se han producido al final de este período. A pesar de que cada vez es mayor el número de políticas de mitigación del cambio climático, las emisiones de GEI anuales aumentaron en promedio 1,0 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO_{2eq}) 2,2(%) por año entre 2000 y 2010, cifra que contrasta con las 0,4 GtCO_{2eq} 1,3(%) por año entre 1970 y 2000 (gráfica. 2). Las emisiones antropogénicas de GEI totales entre 2000 y 2010 fueron las más altas en la historia de la humanidad (IPCC, 2014) y llegaron a 49 (±4,5) GtCO_{2eq}/año en 2010.

Gráfica 2. Emisiones antropógenas anuales de GEI totales, 1970-2010



Fuente: IPCC, 2014

Nota: Emisiones antropógenas anuales de GEI totales (GtCO_{2eq}/año) por grupos de gases, 1970-2010: CO₂ procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO₂ procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); gases fluorados. En la parte derecha de la figura se muestran las emisiones de GEI en 2010 desglosadas por componentes con las incertidumbres asociadas (intervalo de confianza del 90%).

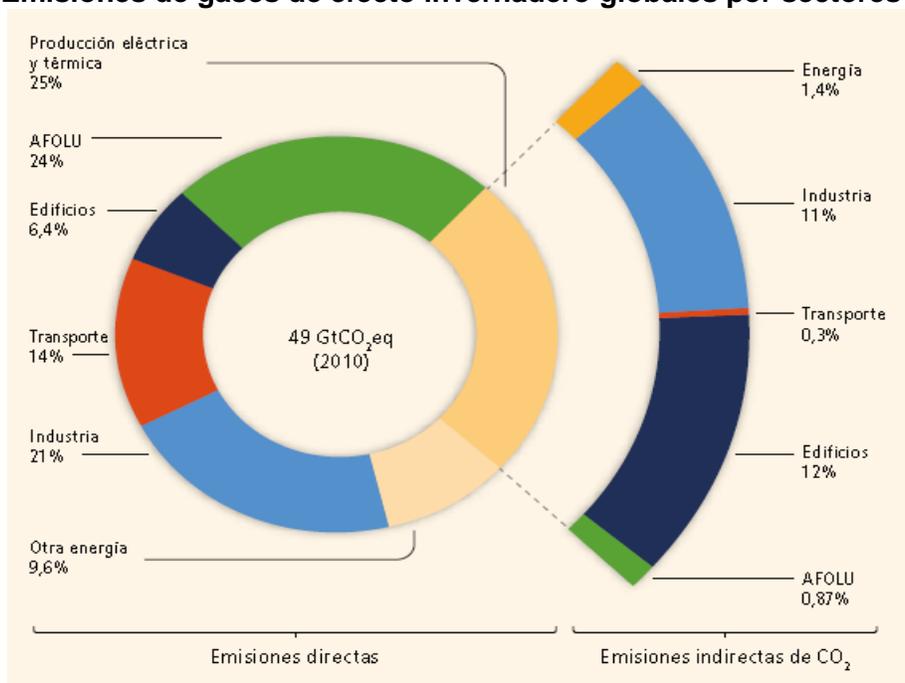
Las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyeron en alrededor del 78(%) del aumento de las emisiones de GEI totales de 1970 a 2010, y la contribución porcentual para el período 2000-2010 fue similar. Las emisiones de CO₂ derivadas de la quema de combustibles fósiles llegaron a 32(±2,7) GtCO₂/año en 2010 y aumentaron alrededor del 3(%) entre 2010 - 2011 y alrededor del 1(%) - 2(%) entre 2011 y 2012.

De las 49 ($\pm 4,5$) GtCO_{2eq}/año antropógenas de GEI emitidas en 2010, el CO₂ sigue siendo el principal GEI antropógeno y representa el 76% (38 \pm 3,8 GtCO_{2eq}/año) del total de GEI antropógenos emitidos en 2010. El 16% (7,8 \pm 1,6 GtCO_{2eq}/año) proviene del metano (CH₄), el 6,2% (3,1 \pm 1,9 GtCO_{2eq}/año) del óxido nitroso (N₂O) y el 2% (1,0 \pm 0,2 GtCO_{2eq}/año) de gases fluorados.

Desde 2000 las emisiones de GEI han ido en aumento en todos los sectores, excepto en el de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo). De las 49 ($\pm 4,5$) GtCO_{2eq} emitidas en 2010, el 34,6% (16,95 GtCO_{2eq}) se liberaron en el sector de producción de energía eléctrica, térmica y otra energía, el 24% (12 GtCO_{2eq}) en la agricultura, silvicultura y uso del suelo, el 21% (10 GtCO_{2eq}) en la industria, el 14% (7,0 GtCO_{2eq}) en el transporte y el 6,4% (3,2 GtCO_{2eq}) en los edificios. (Gráfica 3).

A nivel mundial, el crecimiento económico y el crecimiento demográfico continúan siendo los motores más importantes de los aumentos en las emisiones de CO₂ derivadas de la quema de combustibles fósiles. La contribución del crecimiento demográfico entre 2000 y 2010 permaneció a grandes rasgos idéntica a los tres decenios anteriores, mientras que la contribución del crecimiento económico ha aumentado notablemente.

Gráfica 3. Emisiones de gases de efecto invernadero globales por sectores económicos



Fuente: IPCC, 2014

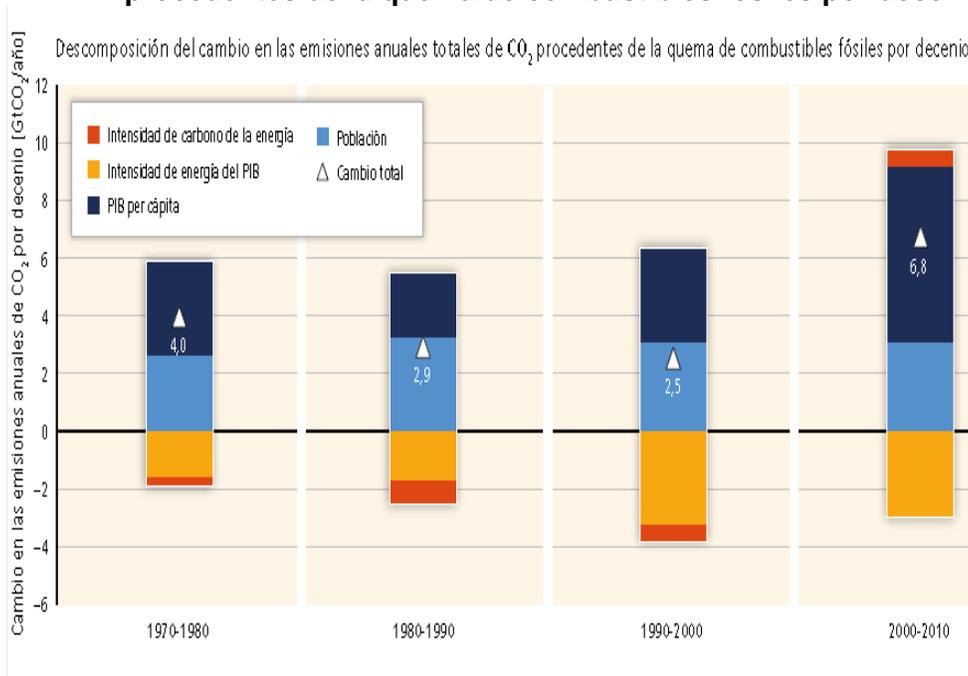
Nota: Emisiones antropógenas de GEI totales (GtCO_{2eq}/año) por sectores económicos. El círculo interior muestra las proporciones de las emisiones directas de GEI (en porcentaje de las emisiones antropógenas de GEI totales) de cinco sectores económicos en 2010. El arco de círculo exterior muestra como las proporciones de las emisiones indirectas de CO₂ (en porcentaje de emisiones antropógenas de GEI totales) derivadas de la producción eléctrica y térmica están atribuidas a sectores de uso final de la energía.

*Otra energía: denota todas las fuentes de emisión de GEI en el sector de la energía que son distintas de la producción eléctrica y térmica.

Entre 2000 y 2010, las emisiones derivadas de ambos factores fueron superiores a las reducciones en las emisiones derivadas de las mejoras en la intensidad energética (Gráfica .4). El mayor uso del carbón respecto de otras fuentes de energía ha invertido la prolongada tendencia de descarbonización gradual del suministro de energía mundial.

Si no se realizan esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI aparte de los ya implementados, se prevé que persistirá el crecimiento de las emisiones impulsado por el crecimiento de la población mundial y las actividades económicas (IPCC, 2014).

Gráfica 4. Descomposición del cambio en las emisiones anuales totales globales de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles por decenio.



Fuente: IPCC, 2014

Nota: Descomposición del cambio decenal en las emisiones anuales totales de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles por cuatro factores impulsores: población, ingreso (PIB) per cápita, intensidad de energía del PIB e intensidad de carbono de la energía. Los segmentos de las barras muestran los cambios asociados con cada factor por separado, manteniendo constantes los demás factores respectivos. Los cambios en las emisiones totales se indican mediante un triángulo. Los cambios en las emisiones a lo largo de cada decenio se miden en gigatoneladas (Gt) de CO₂ por año [GtCO₂/año].

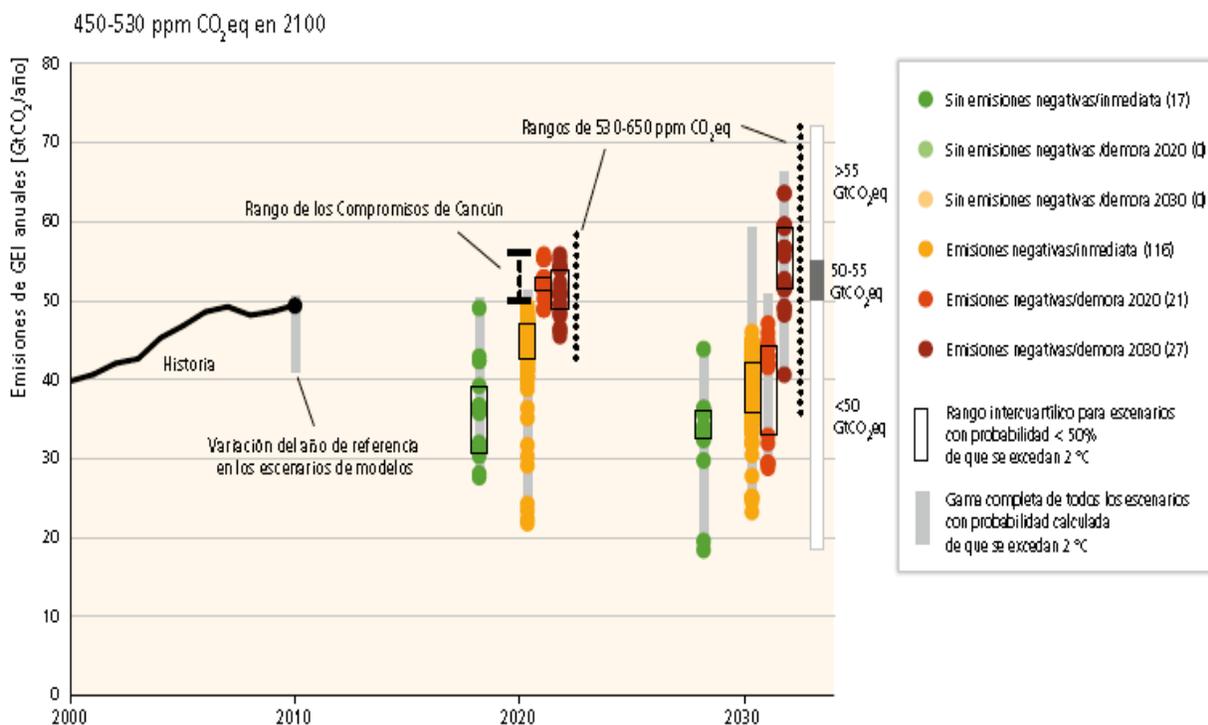
A nivel mundial los escenarios en que se alcanzan los 450 ppm de CO_{2eq} se caracterizan por aumentos más rápidos de la eficiencia energética (IPCC, 2014).

Los Compromisos de Cancún están en líneas generales en sintonía con escenarios costo-efectivos en los que sea *probable* que el cambio de temperatura se mantenga por debajo de 3(°C) en relación con los niveles preindustriales (Gráfica 5).

En la mayoría de los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de alrededor de 450 ppm CO_{2eq} en 2100 es probable que el cambio de temperatura se mantenga por debajo de 2 (°C) a lo largo del siglo en relación con los niveles preindustriales. En los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de entre 530 y 650 ppm CO_{2eq} en 2100 es más improbable que el cambio de temperatura se mantenga por debajo de 2 (°C) en relación con los niveles preindustriales.

En los escenarios en los que se superan las 650 ppm CO_{2eq} en 2100 es improbable que el cambio de temperatura quede limitado a menos de 2 (°C) en relación con los niveles preindustriales. Los escenarios de mitigación en los que es más probable que el aumento de temperatura se mantenga a menos de 1.5 (°C) en 2100 en relación con los niveles preindustriales se caracterizan por concentraciones por debajo de 430 ppm CO_{2eq} en 2100.

Gráfica 5. Emisiones de GEI a corto plazo en los escenarios de mitigación en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente entre 450 y 500 (430-530) ppm CO_{2eq} en 2100.



Fuente: IPCC, 2014.

Nota: La gráfica únicamente incluye los escenarios para los que se han calculado probabilidades de que se exceda una temperatura determinada. Los resultados de cada modelo se indican con un punto de datos cuando la probabilidad de que se exceda 2 °C es inferior al 50%.

Tema 2

Reseña de las Organizaciones creadas a nivel internacional para la elaboración de políticas públicas y acuerdos ante los efectos del Cambio Climático.

La preocupación e interés por analizar e identificar los impulsores de los gases de efecto invernadero y sus consecuencias negativas al ambiente, a los procesos productivos y a la sustentabilidad de la humanidad motivó a nivel local e internacional la creación de organizaciones para elaborar políticas públicas relacionadas con la mitigación y adaptación ante el fenómeno conocido como cambio climático por parte de los países desarrollados y con economías emergentes. A continuación se presenta una reseña de dichas organizaciones.

A 23 años de la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas (DAE, 2015) para el Cambio Climático (CMCC), a 18 años de la suscripción del Protocolo de Kioto, el fenómeno del Cambio Climático sigue siendo uno de los mayores retos ambientales (Galindo, 2009) a los que se enfrenta la humanidad y, que paradójicamente en su afán de tener un mayor confort de vida ella misma aceleró por falta de conocimiento “educación ambiental”.

El Cambio Climático es, evidentemente un problema global que no tiene fronteras, y que afecta a todos los países, desarrollados o no (Galindo, 2009).

La preocupación y reacción mundial (Galindo, 2007) acerca de los efectos del desarrollo económico y explotación de los recursos naturales sobre el clima se observa de una manera más clara y decidida en 1998 en Canadá, con la realización de la Conferencia de Toronto sobre **Cambios en la Atmósfera; Implicaciones para la seguridad global** (Galindo, 2007). En ese mismo año el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) constituyeron el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

En 1992, en el marco de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, se adopta la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), que entró en vigor en 1994 con el objetivo de reducir las concentraciones de GEI en la atmósfera. La Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés) fue designada como el órgano supremo de la Convención.

En la COP de 1997 se adopta oficialmente el “Protocolo de Kioto” el cual entra en vigor el 16 de febrero del 2005 con compromisos claros de reducción de emisiones de (GEI) para 37 países industrializados, considerándose los principales responsables de los incrementos de los GEI en la atmósfera. De este Protocolo se desprende el Mecanismo de Desarrollo Limpio, mediante el cual se permite que países con compromisos de reducción de emisiones, implementen proyectos en países en desarrollo, entre ellos México.

Desde entonces se instalan paneles, convenciones y se firman tratados y protocolos con la intención de ser abordados por los países para que se traduzcan en Políticas Públicas y en acciones clave de reducción de emisiones de GEI (mitigación) y de la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos (adaptación). ¿Son estos esfuerzos lo suficientemente asertivos para hacer frente a la mayor amenaza global a la que se ha enfrentado la humanidad? (DAE, 2015).

A continuación se indican algunas fechas relevantes de las Convenciones realizadas de 2010 a 2016 (Biocultural Diversity, 2012).

COP 16, Cancún, 2010, logros principales: Se ratifica el compromiso de movilizar financiamiento adicional, se reconocen oficialmente las propuestas de mitigación tanto de los países desarrollados como en desarrollo, se establece que se creará un registro de NAMAs y se avanza sobre la puesta en marcha del Fondo Verde.

COP 17, Durban, 2011, logros principales: Se logra acuerdo para adoptar un segundo período de compromiso del Protocolo de Kioto hasta 2017 o 2020 pero sin Rusia, Japón ni Canadá. Se fortalece el concepto de “NAMA”.

COP 18, Doha, 2012, logros principales: Se confirma la falta de acuerdos para una solución más decisiva. Se extiende el Protocolo de Kioto hasta 2020, comprometiendo sólo a la Unión Europea, Australia y un grupo de otros países en desarrollo.

COP 19, Varsovia, 2013, logros principales: Se llega a un modesto acuerdo que establece una hoja de ruta hacia el 2015. Todos los Estados deberán comunicar sus contribuciones en materia de reducción de gas de efecto invernadero antes de la Conferencia de París, (primer trimestre de 2015.). También se tienen avances en el apoyo a los países más vulnerables al cambio climático.

COP 20, Lima, 2014, logros principales: Se adopta la decisión 1/CP20 de la Conferencia de las Partes: “El Llamado de Lima a la Acción Climática”, acuerda reglas básicas sobre las contribuciones nacionales, jerarquiza la adaptación, y contribuye a darle forma a algunos de los aspectos sustantivos del acuerdo que se espera alcanzar en París. El Llamado a la Acción reitera su invitación a cada una de las Partes para que comunique a la Secretaría Ejecutiva de la Convención sus contribuciones nacionales determinadas hacia el primer trimestre del 2015.

COP 21, París 2015, logros principales: Los 195 países participantes lograron por consenso un pacto global, “[Acuerdo de París](#)”; reducir sus emisiones de carbono "lo antes posible" y hacer todo lo posible para mantener el calentamiento global "muy por debajo de 2(°C). El Acuerdo no será vinculante para sus Estados miembros hasta que 55 países que produzcan más del 55(%) de los gases de efecto invernadero del mundo hayan ratificado el Acuerdo. Cada país que ratifique el acuerdo establecerá necesariamente un objetivo de reducción de emisiones, pero la cantidad será voluntaria.

El objetivo último (INECC, 2010) de la Convención es la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida la transferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático.

De igual forma se crea la Comisión Mundial sobre Economía y Clima, para examinar la posibilidad de un crecimiento económico duradero a la par de hacer frente a los riesgos del cambio climático (DAE, 2015).

El informe “Mejor Crecimiento, Mejor Clima” que elaboró esta comisión señala que es necesario tener en cuenta tres factores de cambio, como son: aumentar la eficacia de los recursos, la inversión en infraestructura de bajo consumo de carbón y estimular la innovación tecnológica, los cuales, deben aplicarse en tres sistemas clave: ciudades, uso de suelo y energía esto conducirá a un crecimiento económico bajo en carbono y reducción de emisiones de GEI.

Reseña de las organizaciones creadas en México para la elaboración de políticas climáticas (públicas) ante los efectos del cambio climático.

La responsabilidad de los efectos adversos del cambio climático es atribuible a todos los países, en especial a los países desarrollados pues son los principales contribuyentes a éste fenómeno (IPCC, 2014). Sin embargo, México, como país en desarrollo comparte dicha responsabilidad, ya que representa el 1.4(%) de las emisiones mundiales de GEI (Galindo, 2007).

México, además de comprometerse ante la comunidad internacional, firmando y ratificando los tratados correspondientes, ha venido fortaleciendo sus capacidades técnicas e institucionales para el establecimiento de políticas climáticas sólidas para dar cumplimiento a sus compromisos y hacer frente a los efectos que amenazan su desarrollo económico (Conde, 2011).

A nivel internacional, firma la Convención en 1992 y la ratifica en 1993, firma el Protocolo de Kioto en 1997 y lo ratifica en el 2000.

A nivel nacional a finales de 2012 publicó la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012) posicionándose como el primer país en desarrollo que cuenta con un instrumento jurídico de esta naturaleza, en esta ley también se incluyen lineamientos para incentivar las energías limpias, un mercado de carbono y el establecimiento institucional en distintos niveles de gobierno y sectores.

Destaca el establecimiento de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, la integración de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y el Programa Especial de Cambio Climático.

La Comisión Intersecretarial, integrada por 13 dependencias federales, diseña y coordina las políticas y acciones nacionales de cambio climático con visión transversal.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático plantea las directrices de política climática para los próximos 10, 20 y 40 años; y el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 cuenta con 25 estrategias y 199 acciones de mitigación y adaptación.

Se aprobó la reforma energética y hacendaria en los primeros meses del 2016 (DOF, 2016). A continuación se muestra una cronología de los instrumentos relevantes que ha elaborado México ante el Cambio Climático (INECC, 2010)

- Ley General de Cambio Climático.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático, Versión a 10-20-30 años. 2013.
- Impuestos al Carbono. 2014.
- Registro Nacional de Emisiones y Regulaciones. 2014.
- Reforma Energética (leyes y reglamentos). 2014.
- Proceso continuo de desarrollo de normas y regulaciones.

Año 2015.

- Entrega de compromisos de México 2020-2030.
- Elaboración de ruta hacia un mercado de carbono.
- Primer Reporte Bienal Actualizado.
- Entrada en vigor del Registro Nacional de Emisiones.
- Publicación de “Elementos Mínimos para la elaboración de Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas.

De igual manera, la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (DAE, 2015) creado en 1994 por empresarios mexicanos para enfrentar los retos en materia de desarrollo sustentable que planteaba la incorporación de México a los mercados globales y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales realizaron una alianza público-privada para crear y coordinar el Programa GEI México, programa nacional voluntario de contabilidad y reporte de GEI enfocado inicialmente a desarrollar capacidad técnica para la cuantificación de emisiones de GEI.

Conociendo las fuentes y calculando las emisiones de GEI es posible desarrollar proyectos que mejoren el consumo energético y así reducir dichas emisiones.

Por lo presentado anteriormente surge nuevamente la pregunta, por qué todas estas convenciones, cumbres, leyes, normas y acuerdos a nivel internacional y nacional no han logrado mitigar la emisión de GEI sustancialmente, será que la visión de desarrollo sustentable, de eficiencia energética, de innovación tecnológica y de transición energética son de muy corto plazo y solo de muy buenos deseos.

Tema 3

Producción y Oferta de energía primaria 2000-2014 en México.

En el cuadro 2, se puede observar que los hidrocarburos en la matriz energética de producción del país continúan siendo muy representativa con un porcentaje de participación en 2014 del 87.87(%) (Balance Nacional de Energía, 2000-2014).

La producción de carbón en 2014 presentó un incremento del 33.82(%) respecto al año 2000. Por su parte el gas natural presentó un incremento de 16.5(%) en 2014 respecto al 2000, este incremento se debe a las políticas de sustitución de combustibles muy contaminantes como el combustóleo por gas natural principalmente en las centrales termoeléctricas de CFE.

La nucleenergía registró un incremento del 11.37(%) en 2014 respecto al 2000. Cabe mencionar, que la capacidad instalada de la central nucleoelectrónica de Laguna Verde es la misma, no se ha incrementado su capacidad instalada desde que se inauguró (abril, 1990).

Por su parte las Energías Renovables presentaron un incremento de 5.98(%) en 2014 respecto al 2000. De éstas, la hidroenergía reportó un incremento en 2014 de 17.59(%) respecto al 2000, la energía solar reportó un incremento del 379.67(%) en 2014 respecto al 2000, de igual forma la energía eólica presentó un incremento del 99.87(%) en 2014 respecto al 2000.

Cuadro 2. Producción de energía primaria 2000-2014 (PJ)

	Año		Variación Porcentual (%) 2014/2000	Estructura Porcentual (%) 2000	Estructura Porcentual (%) 2014
	2000	2014			
TOTAL	9,489.20	8,826.14	- 6.99	100.00	100.00
Carbón	226.7	303.37	33.82	2.39	3.44
Hidrocarburos	8542.83	7755.2	- 9.22	90.03	87.87
Petróleo crudo	6619.79	5597.2	- 15.45	69.76	63.42
Condensados	138.11	78.55	- 43.13	1.46	0.89
Gas Natural	1784.93	2079.45	16.50	18.81	23.56
Nucleoenergía	90.33	100.6	11.37	0.95	1.14
Renovables	629.34	666.97	5.98	6.63	7.56
Hidroenergía	119.07	140.01	17.59	1.25	1.59
Geoenergía	134.43	129.88	- 3.38	1.42	1.47
Energía solar	1.82	8.73	379.67	0.02	0.10
Energía eólica	0.03	23.13	99.87	0.0003	0.26
Biogas	0	1.94	100.00	-	0.02
Biomasa	373.99	363.28	- 2.86	3.94	4.12
Bagazo de caña	89.01	109.16	22.64	0.94	1.24
Leña	284.98	254.12	- 10.83	3.00	2.88

Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2000-2014. SENER

Es importante indicar que la participación de la energía solar y eólica en la producción total ha sido marginal. Para la solar, en 2000, fue de 0.02(%) y de 0.1(%) en 2014, para la eólica su participación en 2000 fue 0.0003(%) y 0.26(%) en 2014.

Oferta interna bruta de energía primaria 2000-2014

En el cuadro 3, se observa que en 2014 la oferta interna bruta fue mayor que en 2000 al pasar de 5928.09 (PJ) a 6786.62 (PJ), respectivamente, representando un incremento de 14.48(%).

Los hidrocarburos en 2014 registraron un incremento de 11.06(%) respecto al 2000. De estos, el petróleo crudo en 2014 registró una disminución de - 4.78(%) respecto al 2000, sin embargo, el gas natural en 2014 presentó un incremento de 37.5(%) respecto al 2000. El carbón en 2014 presentó un incremento del 102.12(%) respecto al 2000.

Por su parte las renovables presentaron en 2014 un incremento de 5.95(%) respecto al 2000. De estas energías la solar en 2014 presentó un incremento de 379.67(%) respecto al 2000.

De esta oferta interna bruta los hidrocarburos en 2000 representaron el 83.53(%), y en 2014 el 81.04(%). Las renovables representaron en 2000 el 10.6(%) y en 2014 el 9.81(%), de estas la solar en 2000 participó con el 0.03(%), y en 2014 con el 0.13(%)

Cuadro 3. Oferta interna bruta de energía primaria 2000-2014 (PJ)

	Año		Variación Porcentual (%) 2014/2000	Estructura Porcentual (%) 2000	Estructura Porcentual (%) 2014
	2000	2014			
TOTAL	5,928.09	6,786.62	14.48	100.00	100.00
Carbón	257.58	520.62	102.12	4.35	7.67
Hidrocarburos	4951.81	5499.63	11.06	83.53	81.04
Petróleo crudo	2829.35	2694.11	- 4.78	47.73	39.70
Condensados	138.1	76.97	- 44.27	2.33	1.13
Gas Natural	1984.36	2728.55	37.50	33.47	40.20
Nucleoenergía	90.33	100.6	11.37	1.52	1.48
Renovables	628.37	665.77	5.95	10.60	9.81
Hidroenergía	119.07	140.01	17.59	2.01	2.06
Geoenergía	134.43	129.88	- 3.38	2.27	1.91
Energía solar	1.82	8.73	379.67	0.03	0.13
Energía eólica	0.03	23.13	100.00	0.001	0.34
Biogas	0	1.94	100.00	-	0.03
Biomasa	373.02	362.08	- 2.93	6.29	5.34
Bagazo de caña	88.04	107.96	22.63	1.49	1.59
Leña	284.98	254.12	- 10.83	4.81	3.74

Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2000-2014. SENER

Nuevamente se observa la gran dependencia que se tiene de los hidrocarburos y la participación marginal de la energía solar.

La diferencia entre la producción primaria y oferta interna bruta de energía reportada, se debe a las exportaciones que realiza el sector, al autoconsumo y pérdidas presentadas en su transformación.

Consumo de energía en el sector residencial de México.

En el cuadro 4, se muestra que del 2000 al 2014 el consumo del sector residencial pasó de 731.16 (PJ) a 754.15(PJ) presentando un crecimiento de 3.14(%).

La electricidad en 2014 presentó un incremento de 51.18(%) respecto al 2000. El gas licuado presentó una disminución en 2014 de -12.17(%) respecto al 2000. La leña registró en 2014 una disminución de -10.83(%) respecto al 2000. Por su parte la energía solar presentó en 2014 un incremento de 335.58(%) respecto al 2000.

Por energético, la electricidad ha incrementado su participación de forma importante, en el 2000 este energético representó el 17.79(%) del total de energía consumida y de 26.07(%) en 2014, esto en cierta forma se ha propiciado por un incremento en la adquisición de equipos electrodomésticos en este sector.

Cuadro 4. Consumo de energía en el sector residencial (PJ) 2000-2014

	Año		Variación Porcentual (%) 2014/2000	Estructura Porcentual (%) 2000	Estructura Porcentual (%) 2014
	2000	2014			
Total Residencial	731.16	754.15	3.14	100.00	100.00
Energía solar	1.04	4.53	335.58	0.14	0.60
Leña	284.98	254.12	-10.83	38.98	33.70
Gas licuado	292.74	257.11	-12.17	40.04	34.09
Querosenos	1.36	1.91	40.44	0.19	0.25
Gas seco	20.98	39.86	89.99	2.87	5.29
Electricidad	130.06	196.62	51.18	17.79	26.07

Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2000-2014. SENER

Del cuadro anterior se observa, que a pesar del incremento que presentó la energía solar en el periodo 2000-2014 de 335.58(%) su participación continúa siendo muy marginal, en el 2000 representó el 0.14(%) y en 2014 el 0.6(%) del total de energía consumida en este sector.

Consumo de energía eléctrica y solar en los sectores de la economía.

El sector industrial en 2014 presentó un incremento del 63.02(%) respecto al 2000, el sector residencial en 2014 registró también un incremento del 51.18(%) respecto al 2000, Por su parte en el 2014 el sector comercial y público presentaron un incremento del 20.91(%) y 53.22(%) respectivamente. El sector transporte en 2014 presentó un incremento del 4.04(%) respecto al 2000, de igual forma el sector agropecuario presentó un incremento del 27(%)

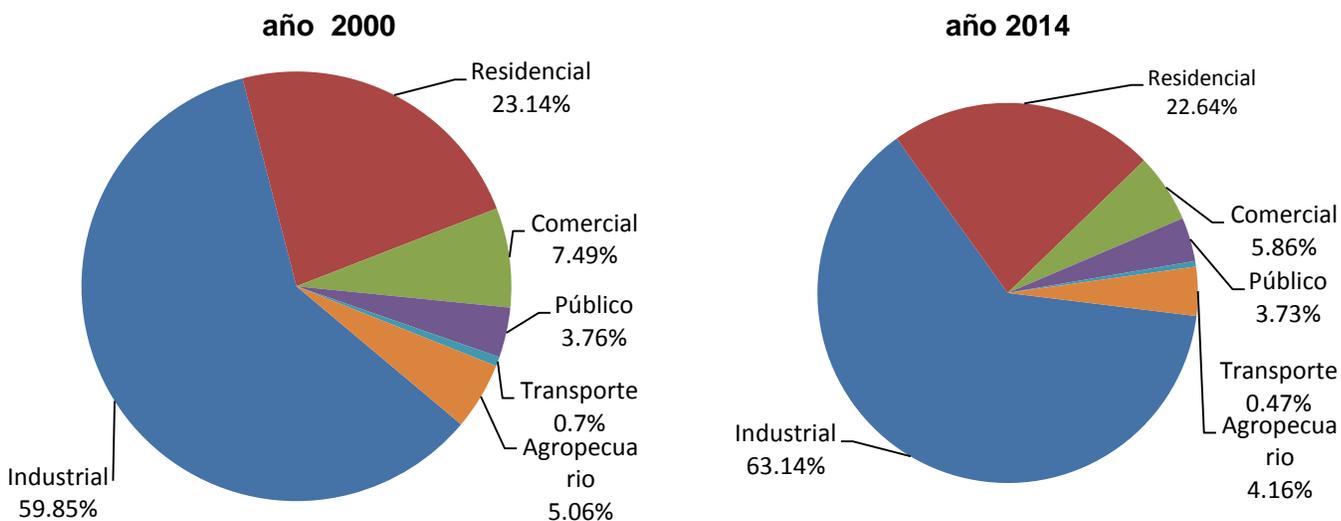
Sin embargo, respecto a la participación porcentual, el sector residencial tradicionalmente ha sido el segundo en el consumo de energía eléctrica, en 2000 representó el 23.14(%) y en 2014 el 22.64(%) del consumo total de estos sectores (Cuadro 5 y Gráfica 6)

Cuadro 5. Consumo de energía eléctrica (PJ) en los sectores de la economía

	Año		Variación Porcentual (%) 2014/2000	Estructura Porcentual (%) 2000	Estructura Porcentual (%) 2014
	2000	2014			
Total	562.07	868.51	54.52	100.00	100.00
Industrial	336.38	548.37	63.02	59.85	63.14
Residencial	130.06	196.62	51.18	23.14	22.64
Comercial	42.09	50.89	20.91	7.49	5.86
Público	21.14	32.39	53.22	3.76	3.73
Transporte	3.96	4.12	4.04	0.70	0.47
Agropecuario	28.44	36.12	27.00	5.06	4.16

Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2000-2014. SENER

Gráfica 6. Participación porcentual del consumo de energía eléctrica en los sectores de la economía. 2000-2014.



Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2000-2014. SENER

Consumo Total de energía solar en los sectores de la economía

Como se observa en el cuadro 6, el consumo de energía solar en el sector industrial presentó en 2014 un incremento de 412.5(%) respecto al 2000, el sector residencial registró un incremento en 2014 de 335.58(%) respecto al 2000 y el sector comercial de 345.71(%). Es importante indicar que estos incrementos porcentuales tan grandes se deben a que en el año 2000 que se toma como base la capacidad instalada para el aprovechamiento de la energía solar era prácticamente nula. En los sectores público, transporte y agropecuario el consumo de energía solar en 2000 y 2014 fue nulo.

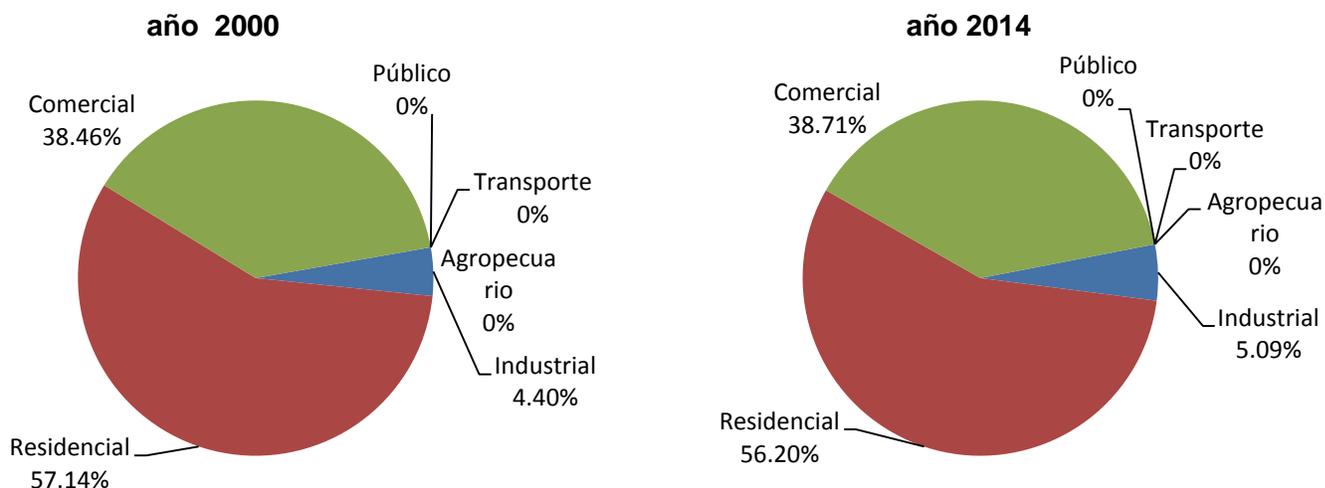
Cuadro 6. Consumo de energía solar (PJ) en los sectores de la economía.

	Año		Variación Porcentual (%) 2014/2000	Estructura Porcentual (%) 2000	Estructura Porcentual (%) 2014
	2000	2014			
Total	1.82	8.06	342.86	100.00	100.00
Industrial	0.08	0.41	412.50	4.40	5.09
Residencial	1.04	4.53	335.58	57.14	56.20
Comercial	0.7	3.12	345.71	38.46	38.71
Público	0	0	0.00	0.00	0.00
Transporte	0	0	0.00	0.00	0.00
Agropecuario	0	0	0.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2000-2014. SENER

En cuanto a la participación porcentual el consumo de energía solar en el sector industrial en 2000 fue 4.4(%) y en 2014 de 5.09(%), en el sector residencial fue de 57.14(%) en 2000 y de 56.2(%) en 2014, para el sector comercial en 2000 fue 38.46(%) y de 38.71(%) en 2014, como se observa, la participación del consumo de energía solar en estos sectores para los años 2000 y 2014 prácticamente se mantiene constante, en el sector público, transporte y agropecuario en 2000 y 2014 fue nula, por lo cual, su potencial de aprovechamiento es muy grande (Gráfica 7).

Gráfica 7. Consumo Total de energía solar (PJ) en los sectores de la economía



Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2000-2014. SENER

Capacidad efectiva de generación de energía eléctrica (MW)

En el cuadro 7, se observa que la capacidad efectiva para la generación de energía eléctrica presentó un incremento de 16.82(%) al pasar de 46551.61(MW) en 2004 a 54379.3(MW) en 2014. Las energías renovables presentaron un incremento del 17.33(%) en 2014 respecto al 2004. De estas energías renovables, la capacidad efectiva solar fotovoltaica se empieza a reportar a partir del año 2005 con una capacidad de 6(MW), la cual no presentó ningún incremento al 2014.

De esta capacidad efectiva de generación de energía eléctrica las energías renovables representaron el 27.62(%) en 2004 y de estas la solar representó el 0(%). Para el 2014 las renovables representaron el 27.74(%) y de estas la solar representó el 0.01(%). Los hidrocarburos representaron el 62.29(%) en 2004, y en 2014 el 62.37(%), es decir, la estructura en la capacidad de generación de energía eléctrica no ha mostrado grandes cambios durante estos 10 años.

Cuadro 7. Capacidad efectiva para la generación de energía eléctrica (MW)

	Año		Variación Porcentual (%) 2014/2004	Estructura Porcentual (%) 2004	Estructura Porcentual (%) 2014
	2004	2014			
Total	46551.61	54379.3	16.82	100.00	100.00
Fuentes alternas	4700	5378.36	14.43	10.10	9.89
Dual	2100	2778.36	32.30	4.51	5.11
Carboeléctrica	2600	2600	-	5.59	4.78
Energías renovables	12856.72	15085.3	17.33	27.62	27.74
Nucleoeléctrica	1364.88	1400	2.57	2.93	2.57
Hidroeléctrica	10530.16	12268.8	16.51	22.62	22.56
Geotermoeléctrica	959.5	813.4	- 15.23	2.06	1.50
Eoloeléctrica	2.18	597.15	27,292.	0.00	1.10
Solar fotovoltaica	0	6	-	-	0.01
Hidrocarburos	28994.89	33915.7	16.97	62.29	62.37
Térmica convencional	13982.5	11398.6	- 18.48	30.04	20.96
Ciclo combinado	12041.12	19906.5	65.32	25.87	36.61
Turbogas	2818.48	2303.41	- 18.27	6.05	4.24
Combustión interna	152.79	307.16	101.03	0.33	0.56

Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2004-2014. SENER

A este respecto el aprovechamiento de la energía solar a través de los sistemas fotovoltaicos presenta en México un gran potencial de acuerdo a sus características geográficas.

Tema 4

Energías Renovables

¿Qué son?

Las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y se regeneran de manera natural, por lo que se encuentran disponibles de forma continua como la solar, eólica e hidráulica (SENER, 2015).

Energía solar



Viviendas sostenibles alimentadas mediante energía solar fotovoltaica en el barrio solar de Vauban (Friburgo, Alemania).

Energía eólica



Parque eólico marino 400 (MW) de capacidad. Dinamarca

Energía hidráulica



Central Xiangjiaba, 6488(MW) de capacidad. China.

Sistemas Fotovoltaicos

Capacidad fotovoltaica instalada en el mundo.

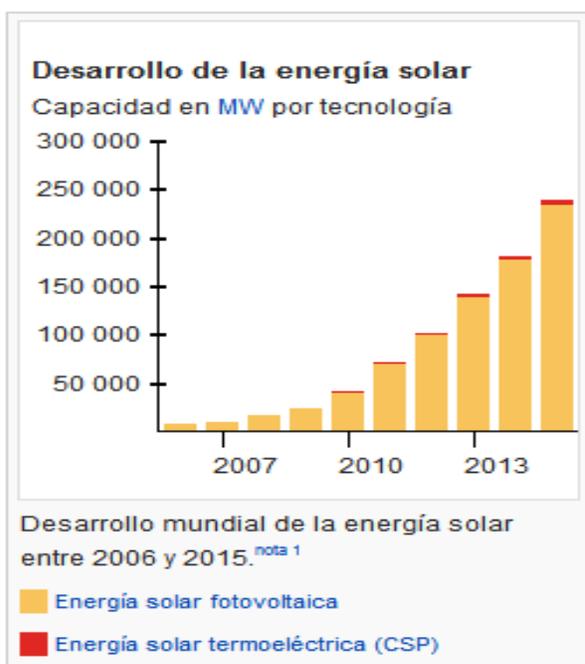
La potencia total fotovoltaica instalada en el mundo (Sunpower, 2014) conectada a red ascendía a 16 gigavatios (GW) en 2008, 40 (GW) en 2010, 100 (GW) en 2012 y 180 (GW) en 2014. A finales de 2015, se estimaba que había instalados en todo el mundo cerca de 230 (GW) de potencia fotovoltaica.

Gracias a ello la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica. En algunos países, como Alemania, Italia o España, alcanza máximos superiores al 10(%), al igual que en Japón o en el estados de California (Estados Unidos).

La producción anual de energía eléctrica generada mediante esta fuente de energía a nivel mundial en 2015 fue cerca de 184 (TWh), cubriendo aproximadamente un 1 (%) de la demanda mundial de electricidad (una participación muy marginal).

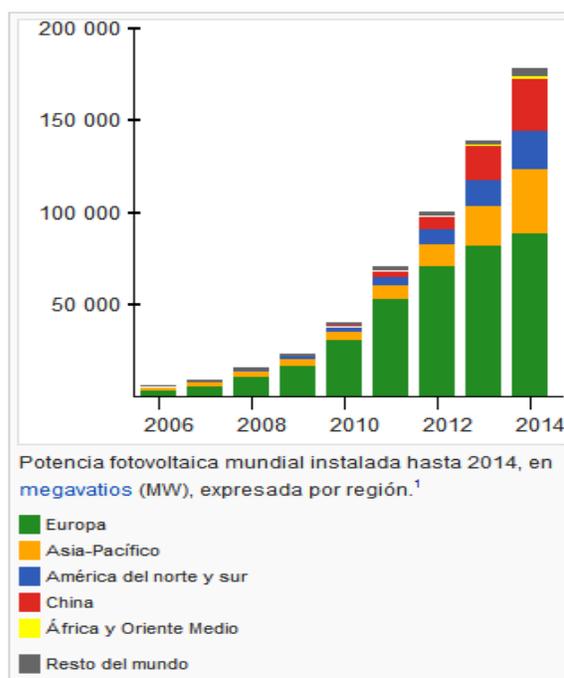
Gráfica 8 y 9 Capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos

Gráfica 8



Fuente : Solar Energy Perspectives: Executive Summary. International Energy Agency. 2011.

Gráfica 9



Fuente: EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018»

Capacidad fotovoltaica instalada en México.

La capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos en 2014 presentó un incremento de 600.8(%) respecto al 2005. En cuanto a la energía eléctrica generada con esta tecnología en 2014 presentó un incremento de 428.5(%) respecto al 2005 (Cuadro, 8).

Es importante indicar, que a pesar de estos porcentajes tan altos, su participación en la matriz energética nacional para la generación de energía eléctrica es marginal al representar el 0.13(%) de la oferta interna bruta.

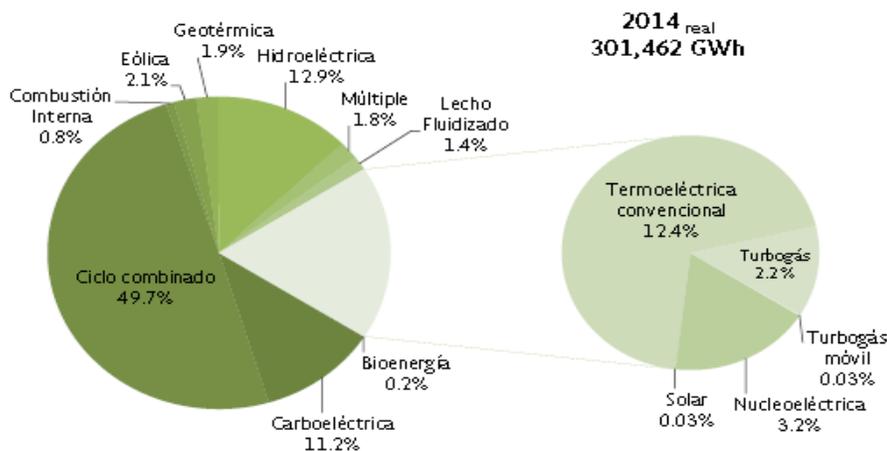
Cuadro 8. Aprovechamiento de energía solar 2005-2014 con módulos fotovoltaicos

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total de capacidad instalada (kW)	16577	17633	18534	19406	25118	28620	39020	59920	82200	116170
Generación de energía eléctrica (PJ)	0.07	0.07	0.07	0.06	0.09	0.1	0.14	0.21	0.29	0.37

Fuente: elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2005-2014. SENER

En la gráfica 10 se presenta la participación que tuvieron en 2014 las diferentes tecnologías para la generación de energía eléctrica en México, la tecnología solar participó con 90.44(GWh) que representa el 0.03(%) de 301,462(GWh) y la tecnología de ciclo combinado participó con 149,827(GWh) que representa el 49.7(%) de 301,462(GWh) generados.

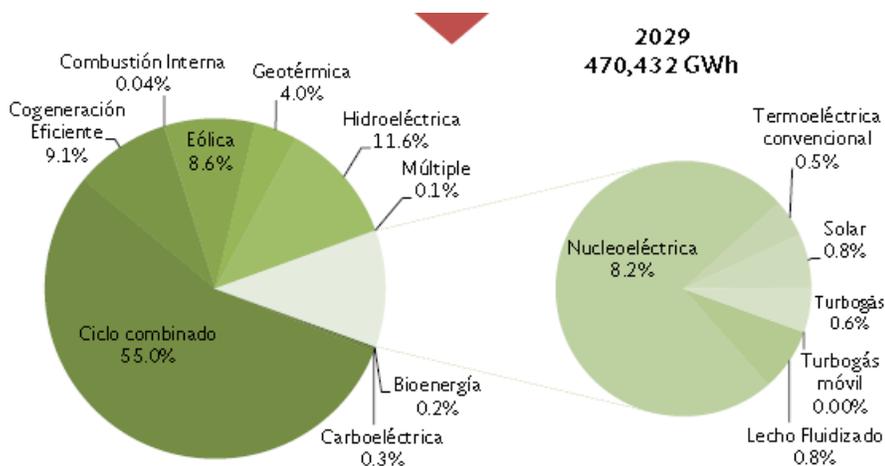
Gráfica 10. Participación de tecnologías en la generación de electricidad 2014



Fuente: PROSEDEN, SENER 2014

En la gráfica 11, se muestra la participación esperada que tenderán las diferentes tecnologías para la generación de energía eléctrica para el 2029, la tecnología solar tendrá una participación de 0.8(%) y la de ciclo combinado de 55(%)

Gráfica 11. Participación de tecnologías en la generación de electricidad 2029 (GWh, porcentaje)

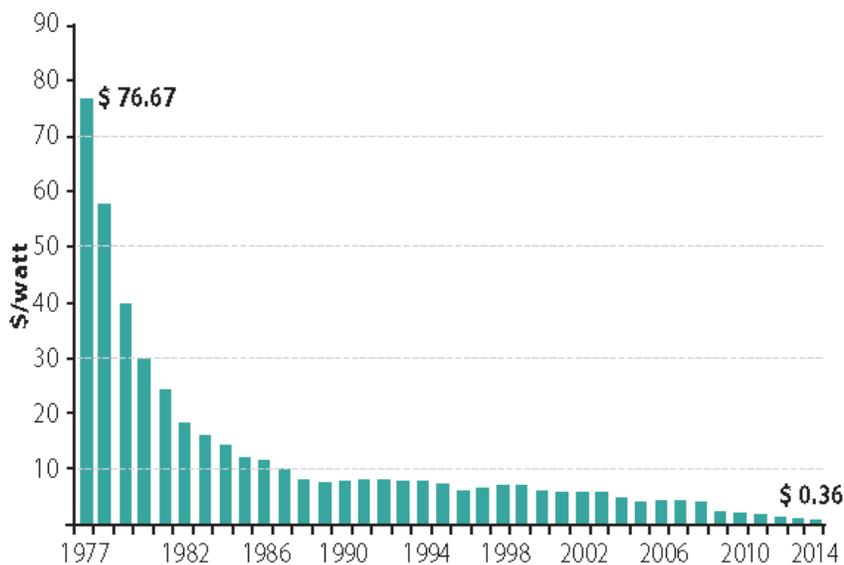


Fuente: PROSEDEN, SENER 2014

De la gráfica 10, se observa que la participación de los sistemas fotovoltaicos en 2014 fue marginal y para el 2029 de acuerdo a la gráfica 11 lo seguirá siendo, el caso contrario lo presenta la tecnología de ciclo combinado que utiliza gas natural (metano) para su operación al participar en 2014 con el 49.7(%) y para el 2029 representará el 55(%) de la generación.

Por otra parte, el costo de las celdas fotovoltaicas en los últimos años en Alemania y China han presentado una disminución considerable, al pasar de 76 U.S. dólares a finales de los 70's a 36 centavos de U.S. dólar por watt en el 2014 (Gráfica 12), esto posibilita un amplio uso de esta tecnología para generar energía eléctrica.

Gráfica 12. Evolución del precio de las fotoceldas solares.



Fuente: Bloomberg, New Energy Finance & pv.energytrend.com

Con la disminución de precios de las fotoceldas solares y disminución de las tasas de interés de los últimos años que implican costos más bajos de amortización de los sistemas fotovoltaicos, se favorece la formación de un mercado más amplio y de una mayor demanda permitiendo que los precios disminuyan aún más e incentivando el uso de la energía solar para la generación de energía eléctrica.

En el caso de México, los costos de los sistemas fotovoltaicos han presentado una disminución importante del 61(%) al pasar de un precio promedio de 1.81 dólares por watt en 2010 hasta 0.70 dólares por watt en junio de 2014 (pv.energytrend, 2014).

Tema 5

Regulación de los sistemas fotovoltaicos en el sector residencial de México.

En el año 2012 se publicó el Contrato de Interconexión para fuente de energía renovable en pequeña escala (DOF, 2012) en donde el usuario residencial puede instalar hasta 10(kW) de sistemas fotovoltaicos bajo un esquema de medición neta.

Para fines de facturación, en dicho esquema, el consumo de energía realizado por el generador (usuario), se determinará como la diferencia entre la energía eléctrica entregada por el suministrador y la entregada por el generador (usuario) al suministrador. Cuando la diferencia sea negativa, se considerará como un crédito a favor del generador (usuario), es decir, la energía eléctrica entregada por el generador es mayor que la consumida de la red y esta diferencia podrá ser compensada durante los 12 meses siguientes. De no efectuarse la compensación en ese periodo, el crédito será cancelado y el generador renuncia a cualquier pago por este concepto.

Esto se diferencia de los esquemas de medición neta a nivel internacional donde los usuarios sí reciben compensación económica de manera automática por el excedente de la energía eléctrica entregada a la red.

El sector residencial representa un gran reto para el uso de los sistemas fotovoltaicos debido a la existencia de tarifas eléctricas fuertemente subsidiadas (CFE, 2015). Dicho subsidio se distribuye entre cada una de las tarifas del sector residencial de acuerdo a su nivel de consumo.

Las tarifas eléctricas son: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y, adicionalmente se cuenta con la tarifa de alto consumo “tarifa (DAC)”, en esta tarifa todo el consumo de energía eléctrica realizado no tiene subsidio, y por lo tanto se paga el costo real del suministro más un cargo fijo mensual. Por lo cual, los usuarios registrados en esta tarifa son candidatos idóneos para el financiamiento de un sistema fotovoltaico que les permita generar su energía eléctrica.

Cuadro 9. Número de usuarios del sector residencial registrados en las diferentes tarifas por CFE en 2015

Tarifa	Consumo promedio mensual (kWh) por usuario	Número de usuarios	Participación porcentual (%)
1	90	19,423,455	55
1A	97	2,613,337	7.4
1B	119	3,955,322	11.2
1C	176	5,565,703	15.76
1D	206	1,130,092	3.2
1E	257	1,161,876	3.29
1F	398	1,271,353	3.6
DAC (alto consumo)	456	423,784	1.2
Total de usuarios		35,544,922	

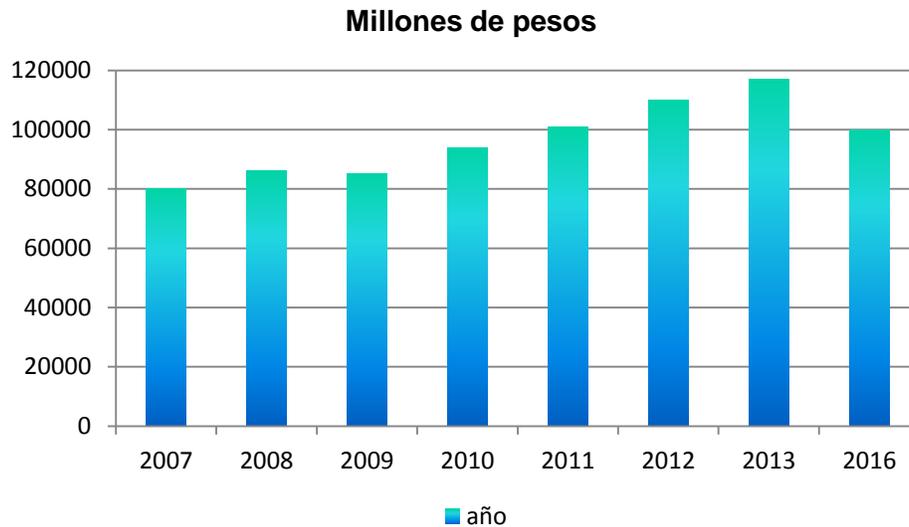
Fuente: elaboración propia con datos de CFE, 2015

Como se observa en el cuadro 9, la tarifa 1 tiene el mayor número de usuarios que representa el 55(%) del total.

En México, históricamente se ha subsidiado fuertemente el consumo de electricidad en el sector residencial. En los últimos 10 años, en promedio se ha otorgado un 60(%) de subsidio con respecto al costo real de suministro para este sector (Presidencia de la República, 2014).

En la gráfica 13, se muestra el monto del subsidio otorgado en el periodo (2007-2016) al consumo eléctrico a nivel nacional. El subsidio otorgado al mes de octubre del 2016, representó el 38(%) del presupuesto asignado a CFE y el 0.57(%) del PIB (INEGI, 2016).

Gráfica 13. Subsidio asignado a las tarifas eléctricas del sector residencial.



Fuente: CFE 2007-2016

Escenarios para la instalación de sistemas fotovoltaicos en el sector residencial de México.

Para observar los beneficios ambientales y económicos al instalar sistemas fotovoltaicos en el sector residencial de México, se analizaron tres escenarios con las siguientes premisas:

- Para el primer escenario se consideró el 5(%) de los usuarios en Tarifa 1, para el segundo escenario el 10(%) y para el tercero el 15(%), se consideró la tarifa 1 ya que en ésta la Comisión Federal de Electricidad tiene registrados al 55(%) de sus clientes que representan 19,423,455 de usuarios.
- En el período 2000-2014 el sector residencial presentó una tasa media anual de crecimiento en el consumo de energía eléctrica del 3.01(%), y de acuerdo a la Prospectiva del Sector Energético (CFE, 2015) en el periodo (2015-2026) su tasa media anual de crecimiento será de 3.5(%). Respecto al precio del (kWh) para este sector se indica que tendrá una tasa media de crecimiento anual de 0.28(%), con base en estas tasas de crecimiento se analizaron los tres escenarios posibles para un periodo de 20 años, que corresponde con la vida útil de los sistemas fotovoltaicos.
- Para los usuarios en tarifa 1, se estimó un consumo promedio de 90 (kWh/mensual) (CFE, 2016).
- Se consideró que el sistema fotovoltaico satisface el consumo de energía eléctrica de las viviendas al 100(%). El costo de mercado del sistema fotovoltaico a precios del 2016 es 45,500.00 (pesos) más el 1.5(%) anual por costo de mantenimiento (IEA, 2015).
- El factor de emisiones aplicado fue de 0.454(tCO_{2e}/MWh) (GEIMEXICO, 2014).
- El precio considerado de la tonelada de (CO_{2e}) es 20.381(\$/tCO_{2e}) (European Energy Exchange, 2015).
- El subsidio base asignado a las tarifas eléctricas en 2016 se consideró de 100,000 (Millones de pesos) (INEGI, 2016).
- Para el análisis de rentabilidad de los escenarios se utilizó el método Relación Beneficio-Costo, que consiste en dividir la suma de los beneficios sobre la suma de los costos, la tasa de descuento utilizada para este análisis fue de 6(%) (COPAR, CFE 2016).
- Para analizar el costo de oportunidad se tomó la tasa de CETES (6.2%) y una inflación de (3.5%) (BANCO DE MÉXICO, 2016). El costo de oportunidad establece el uso alternativo del capital.

Costos

Se consideraron como costos: la inversión inicial y cargo por mantenimiento de los equipos durante su vida útil, la cual, es de 20 años.

Beneficios

Los beneficios son: el importe por el consumo de energía eléctrica que el usuario dejará de comprar a CFE, el subsidio que el gobierno federal dejará de otorgar al consumo de energía eléctrica y el importe por la comercialización de las toneladas del (CO_{2e}) evitadas al instalar los sistemas fotovoltaicos.

Al aplicar el método de análisis se calculó el valor anual neto (VAN) de:

- Costo de los sistemas fotovoltaicos y el cargo por mantenimiento.
- Ingresos por la energía eléctrica evitada (que se deja de comprar a CFE).
- Ingresos por la comercialización de las toneladas de (CO_{2e}).
- Subsidio asignado al consumo de energía eléctrica en el sector.

Resultados:

En los cuadros siguientes se muestran los valores anualizados de la inversión, del precio de la energía eléctrica, de los ingresos por la venta de CO_{2e}, de los subsidios y el costo de oportunidad para cada uno de los escenarios.

Escenario 1, (5% de usuarios).

Año	Inversión Inicial Millones \$	Ingresos Millones \$	Costos Millones \$	Consumo de energía eléctrica evitada (GWh)	Emisiones de (tCO _{2e}) evitadas	Subsidios evitados Millones \$	Costo de Oportunidad Millones \$
0	44,358.37	0	0	0	0	0	0
1		1,164.24	655.54	1,048.87	476,186	5,000	45,511.69
2		1,196.84	655.54	1,085.58	492,853	5,175	46,694.99
3		1,229.44	655.54	1,122.29	509,519	5,350	47,909.06
4		1,262.04	655.54	1,159.00	526,186	5,525	49,154.70
5		1,294.64	655.54	1,195.71	542,852	5,700	50,432.72
6		1,327.24	655.54	1,232.42	559,519	5,875	51,743.97
7		1,359.84	655.54	1,269.13	576,185	6,050	53,089.31
8		1,392.44	655.54	1,305.84	592,852	6,225	54,469.64
9		1,425.03	655.54	1,342.55	609,518	6,400	55,885.85
10		1,457.63	655.54	1,379.26	626,185	6,575	57,338.88
11		1,490.23	655.54	1,415.97	642,851	6,750	58,829.69
12		1,522.83	655.54	1,452.68	659,518	6,925	60,359.26
13		1,555.43	655.54	1,489.39	676,184	7,100	61,928.60
14		1,588.03	655.54	1,526.10	692,851	7,275	63,538.74
15		1,620.63	655.54	1,562.81	709,517	7,450	65,190.75
16		1,653.23	655.54	1,599.52	726,184	7,625	66,885.71
17		1,685.82	655.54	1,636.23	742,850	7,800	68,624.74
18		1,718.42	655.54	1,672.94	759,517	7,975	70,408.98
19		1,751.02	655.54	1,709.65	776,183	8,150	72,239.62
20		1,783.62	655.54	1,746.37	792,850	8,325	74,117.85

	Millones \$
suma de ingresos (VAN)	16,197.38
suma de costos (VAN)	7,518.99
suma de costos + Inv.in	51,877.29
Relación B/C	1.71

suma de energía eléctrica evitada (VAN)	15,232.69(GWh)
Factor de emisión	0.454(tCO _{2e} /MWh)
Suma de toneladas evitadas de (CO _{2e}) por la energía eléctrica evitada (VAN)	6,915,644 (tCO _{2e})
Precio de la tonelada del (CO _{2e})	20.3810 (\$/tCO _{2e})
Ingresos por las ventas de (tCO _{2e}) en el periodo de análisis	140.95 (Millones de \$)
subsidio evitado a tarifas eléctricas (VAN)	72,614.93 (Millones de \$)
Costo de oportunidad	74,117.85 (Millones de \$)

Escenario 2, (10% de usuarios).

Año	Inversión Inicial Millones \$	Ingresos Millones \$	Costos Millones \$	Consumo de energía eléctrica evitada (GWh)	Emisiones de (tCO _{2e}) evitadas	Subsidios evitados Millones \$	Costo de Oportunidad Millones \$
0	88,716.74	0	0	0	0	0	0
1		2,384.49	1,311.08	2,097.74	952,372	10,000	91,023.38
2		2,393.68	1,311.08	2,171.16	985,705	10,350	93,389.98
3		2,458.88	1,311.08	2,244.58	1,019,038	10,700	95,818.12
4		2,524.08	1,311.08	2,318.00	1,052,371	11,050	98,309.39
5		2,589.28	1,311.08	2,391.42	1,085,704	11,400	100,865.44
6		2,654.47	1,311.08	2,464.84	1,119,037	11,750	103,487.94
7		2,719.67	1,311.08	2,538.26	1,152,370	12,100	106,178.63
8		2,784.87	1,311.08	2,611.68	1,185,703	12,450	108,939.27
9		2,850.07	1,311.08	2,685.10	1,219,036	12,800	111,771.69
10		2,915.27	1,311.08	2,758.52	1,252,369	13,150	114,677.76
11		2,980.46	1,311.08	2,831.94	1,285,702	13,500	117,659.38
12		3,045.66	1,311.08	2,905.36	1,319,035	13,850	120,718.52
13		3,110.86	1,311.08	2,978.78	1,352,368	14,200	123,857.20
14		3,176.06	1,311.08	3,052.21	1,385,701	14,550	127,077.49
15		3,241.25	1,311.08	3,125.63	1,419,034	14,900	130,381.50
16		3,306.45	1,311.08	3,199.05	1,452,367	15,250	133,771.42
17		3,371.65	1,311.08	3,272.47	1,485,700	15,600	137,249.48
18		3,436.85	1,311.08	3,345.89	1,519,033	15,950	140,817.97
19		3,502.04	1,311.08	3,419.31	1,552,366	16,300	144,479.23
20		3,567.24	1,311.08	3,492.73	1,585,699	16,650	148,235.69

	Millones \$
suma de ingresos (VAN)	32,394.78
suma de costos (VAN)	15,038.04
suma de costos + Inv.in	103,754.78
Relación B/C	1.71

suma de energía eléctrica evitada (VAN)	30,465.39 (GWh)
Factor de emisión	0.454(tCO _{2e} /MWh)
Suma de toneladas evitadas de (CO _{2e}) por la energía eléctrica evitada (VAN)	13,831,287(tCO _{2e})
Precio de la tonelada del (CO _{2e})	20.3810(\$/tCO _{2e})
Ingresos por las ventas de (tCO _{2e}) en el periodo de análisis	281.89 (Millones de \$)
subsidio evitado a tarifas eléctricas (VAN)	145,229.86 (Millones de \$)
Costo de Oportunidad	148,235.69 (Millones de \$)

Escenario 3, (15% de usuarios).

Año	Inversión Inicial Millones \$	Ingresos Millones \$	Costos Millones \$	Consumo de energía eléctrica evitada (GWh)	Emisiones de (tCO _{2e}) evitadas	Subsidios evitados Millones \$	Costo de Oportunidad Millones \$
0	133,075.08	0	0	0	0	0	0
1		3,492.73	1,966.63	3,140.60	1,428,558	15,000	136,535.03
2		3,590.53	1,966.63	3,256.73	1,478,557	15,525	140,084.94
3		3,688.32	1,966.63	3,366.86	1,528,557	16,050	143,727.15
4		3,786.12	1,966.63	3,477.00	1,578,556	16,575	147,464.06
5		3,883.91	1,966.63	3,587.13	1,628,556	17,100	151,298.12
6		3,981.71	1,966.63	3,697.26	1,678,555	17,625	155,231.87
7		4,079.51	1,966.63	3,807.39	1,728,555	18,150	159,267.90
8		4,177.30	1,966.63	3,917.52	1,778,554	18,675	163,408.87
9		4,275.10	1,966.63	4,027.65	1,828,554	19,200	167,657.50
10		4,372.90	1,966.63	4,137.78	1,878,553	19,725	172,016.59
11		4,470.69	1,966.63	4,247.91	1,928,553	20,250	176,489.03
12		4,568.49	1,966.63	4,358.04	1,978,552	20,775	181,077.74
13		4,666.29	1,966.63	4,468.18	2,028,552	21,300	185,785.76
14		4,764.08	1,966.63	4,578.31	2,078,551	21,825	190,616.19
15		4,861.88	1,966.63	4,688.44	2,128,551	22,350	195,572.21
16		4,959.68	1,966.63	4,798.57	2,178,550	22,875	200,657.09
17		5,057.47	1,966.63	4,908.70	2,228,550	23,400	205,874.17
18		5,155.27	1,966.63	5,018.83	2,278,549	23,925	211,226.90
19		5,253.06	1,966.63	5,128.96	2,328,549	24,450	216,718.80
20		5,350.86	1,966.63	5,239.09	2,378,548	24,975	222,353.49

	Millones \$
suma de ingresos (VAN)	48,592.13
suma de costos (VAN)	22,557.09
suma de costos + Inv.in	155,632.17
Relación B/C	1.71

suma de energía eléctrica evitada (VAN)	45,698.07(GWh)
Factor de emisión	0.454(tCO _{2e} /MWh)
Suma de toneladas evitadas de (CO _{2e}) por la energía eléctrica evitada (VAN)	20,746,923(tCO _{2e})
Precio de la tonelada del (CO _{2e})	20.3810(\$/tCO _{2e})
Ingresos por las ventas de (tCO _{2e}) en el periodo de análisis	422.84 (Millones \$)
subsidio evitado a tarifas eléctricas (VAN)	217,844.81 (Millones \$)
Costo de oportunidad	222,353.49 (Millones de \$)

Para el escenario 1, al dividir los beneficios totales entre los costos totales se obtuvo una relación (B/C) de 1.71, lo cual indica que por cada peso invertido se tiene una rentabilidad de 1.71 pesos, por lo cual, el proyecto es factible de realizarse.

Para el segundo y tercer escenario se obtuvo la misma relación (B/C), esto se explica por la proporcionalidad que existe entre el monto de los costos y los beneficios monetarios, es decir, entre mayor sea el monto de la inversión en esa misma medida se incrementan los beneficios ya que las tasas de crecimiento para las variables involucradas se mantienen constantes para los tres escenarios.

Respecto al costo de oportunidad para el escenario 1 se obtienen 74,117.85 (Millones de \$), para el segundo y tercer escenario se tienen 148,235.69 (Millones de \$) y 222,353.49 (Millones de \$), respectivamente, estas cantidades son menores que los beneficios totales reportados en el cuadro 10 para cada escenario, por lo cual, se puede indicar que es más rentable invertir el capital inicial en la instalación de los sistemas fotovoltaicos.

También, si consideramos los beneficios económicos que tendría CFE al dejar de construir centrales eléctricas para satisfacer la demanda de electricidad de este sector, los beneficios que tendría la sociedad al no tener que pagar el precio de la energía eléctrica consumida a una tarifa que fija la Secretaria de Hacienda con referencia al precio de los combustibles fósiles utilizados para la generación de energía eléctrica los beneficios se ven incrementados.

En el cuadro 10 se muestra el concentrado de los resultados de cada escenario.

Cuadro 10. Resultados de los escenarios propuestos

	Escenario 1 (5%)		Escenario 2 (10%)		Escenario 3 (15%)	
	Ingresos (Millones de pesos)	Costos (Millones de pesos)	Ingresos (Millones de pesos)	Costos (Millones de pesos)	Ingresos (Millones de pesos)	Costos (Millones de pesos)
Energía eléctrica evitada	16,197.38		32,394.78		48,592.13	
Venta de (tCO _{2e}).	140.95		281.89		422.84	
Subsidio evitado	72,614.93		145,229.86		217,844.81	
Inversión inicial		44,358.37		88,716.74		133,075.08
Cargo por mantenimiento		7,518.99		15,038.04		22,557.09
Totales	88,953.26	51,877.36	177,906.53	103,754.78	266,859.78	155,632.17
	<i>Relación</i> $\frac{B}{C}$	1.71	<i>Relación</i> $\frac{B}{C}$	1.71	<i>Relación</i> $\frac{B}{C}$	1.71

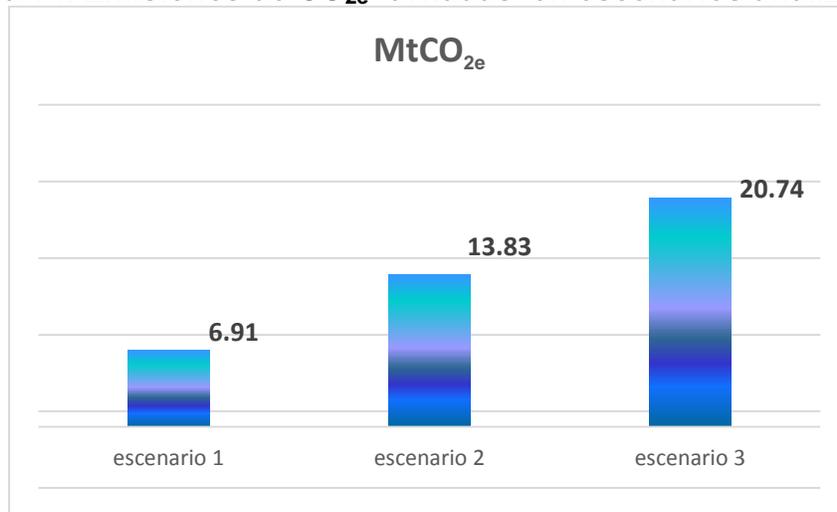
De igual forma, como se observa en el cuadro 11 y gráfica 14 se debe señalar que el beneficio más importante a parte de la relación (B/C) es la cantidad de toneladas de (CO_{2e}) que se dejarían de emitir a la atmósfera, que de acuerdo a las emisiones de (CO_{2e}) que reportó el sector eléctrico en el años 2015 de 115(MtCO_{2e}), las emisiones evitadas en el escenario 1 representan el 6.01(%), las del segundo escenario el 12.02(%) y las del tercer escenario representan el 18.04(%)

Por lo cual, de contar con un programa para instalar un sistema fotovoltaico a todos los usuarios de la tarifa 1, los beneficios ambientales se multiplicarían de una manera muy importante.

Cuadro 11. Emisiones evitadas de (CO_{2e})

	Emisiones evitadas (MtCO_{2e})	Participación porcentual respecto a emisiones del sector eléctrico (2015)
Escenario 1, (5%)	6.91	6.01
Escenario 2, (10%)	13.83	12.02
Escenario 3, (15%)	20.74	18.04

Gráfica 14. Emisiones de CO_{2e} evitadas en escenarios analizados.



También, es importante considerar los cobeneficios que generaría la instalación de estos sistemas en todo el sector residencial como son:

- Disminución de costos por las pérdidas de energía eléctrica en las redes de transmisión y distribución de CFE.
- Costos evitados por operaciones de mantenimiento a las centrales eléctricas.
- Costos evitados por la compra de combustibles para la generación de energía eléctrica y
- Disminución de los subsidios otorgados a las tarifas eléctricas.

Además, si se promueven y difunden con mayor intensidad y de manera masiva los programas que fomentan el uso de equipos electrodomésticos de alta eficiencia y se modifican los hábitos en cuanto al uso y consumo de energía eléctrica de la población los beneficios económicos, sociales y ambientales realmente serían muy importantes, contribuyendo así, a la mitigación de los GEI y la disminución de los impactos ambientales del cambio climático.

Cabe señalar que los escenarios propuestos y analizados son sólo un ejercicio indicativo. Sin embargo, se busca brindar una sensibilidad de lo que podría pasar en el aspecto económico, social y ambiental al instalarse un sistema fotovoltaico en los hogares de México y dejar de emitir GEI.

Tema 6

Comentarios generales

El Cambio Climático es, evidentemente un problema global que no tiene fronteras, y que afecta a todos los países, desarrollados o no, por ello es importante que todos los gobiernos, el sector privado y la sociedad en general, pongan en marcha acciones que permitan la adaptación y mitigación de los efectos de dicho problema.

Como se indicó, la economía del país está basada en un 87.87(%) en el consumo de combustibles fósiles, es decir, la actividad antropogénica es un precursor de los gases de efecto invernadero.

En este sentido, el ejercicio suscrito permite observar la relevancia y rentabilidad de realizar este tipo de proyectos para el aprovechamiento de la energía solar, en este caso, a través de los sistemas fotovoltaicos que permitirían disminuir el consumo de combustibles fósiles y contribuir en un cierto grado al cumplimiento de los compromisos de México ante los acuerdos internacionales ya que de los escenarios analizados en este trabajo las toneladas de CO_{2e} evitadas representan el 3.1(%) respecto a las emisiones totales de CO_{2e} reportadas para México en 2013 (INECC, 2014).

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en los últimos años en una de las fuentes de generación de energía eléctrica esenciales para frenar el cambio climático. Las razones de su uso generalizado son diversas, siendo una de las más importantes la disminución que han experimentado los precios de los paneles solares a nivel internacional. Además, de generar ahorros sustanciales de combustible, su operación y mantenimiento es simple, el tiempo de retorno de la inversión es atractivo y contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En México el desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de la energía solar en comparación con otros países es marginal si consideramos su enorme potencial de irradiación solar. Por su ubicación geográfica un 70(%) de su territorio presenta una irradiación superior a 5 kWh/m²/día, lo que significa que en un m² y con un equipo solar de eficiencia de 50(%) se recibe diariamente el equivalente a la energía contenida en un metro cúbico de gas natural, o bien, la de 1.3 litros de gas licuado de petróleo.

Tratando de dar respuesta a las causas por las que no se ha desarrollado una gran demanda y un mercado fuerte de esta tecnología en el país considerando su gran potencial se tienen las siguientes:

1. El alto costo en la generación de energía eléctrica en comparación con las tecnologías convencionales a base de combustibles fósiles, por lo cual, la inversión nacional en este tipo de tecnologías es muy escasa, en 2014 su capacidad efectiva instalada fue de 6(MW) que representó el 0.01(%) de la capacidad total instalada para la generación de energía eléctrica, se espera que con el abatimiento de los costos de producción de las celdas solares estos escenarios cambien.

2. Falta de esquemas de financiamiento adecuados “focalizados” y poca atención a la energía solar en la matriz energética del país.
3. Altos costos de transacción (burocracia excesiva en los procedimientos administrativos para la interconexión y/o para la compra-venta de electricidad).
4. El mercado todavía es poco competitivo, ocasionando altos costos de transacción para los posibles compradores.
5. Bajo desarrollo tecnológico y carencia de productores de materiales para producir este tipo de energía de manera local (nacional).
6. Falta de capital humano capacitado que de soporte técnico a estos sistemas fotovoltaicos, ya que es un factor decisivo para que la población los adquiera.
7. La carencia de un marco legal que incentive la generación de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos,
8. No se reconocen los beneficios ambientales.

Aspectos técnicos

9. Poca flexibilidad en diseño y tamaños de acuerdo a la infraestructura de la vivienda.
10. Los proveedores de materiales y diseñadores no toman en cuenta las necesidades de los compradores
11. No existe suficiente información sobre el mercado potencial, por lo que los fabricantes no saben cómo llegar a sus posibles compradores.
12. Los fabricantes de equipo y distribuidores no proporcionan suficiente información a los posibles compradores (beneficios económicos, financieros y ambientales).
13. Incertidumbre sobre el desempeño técnico de los sistemas.
14. Falta de información sobre el agotamiento de recursos no renovables y sus posibles afectaciones en la economía nacional.
15. Energéticos convencionales subsidiados.
16. Existencia muy limitada de técnicos capacitados para instalar y/o reparar los sistemas

Sin lugar a dudas es necesario abandonar nuestra dependencia hacia los hidrocarburos y enfocar nuestras políticas energético-ambientales hacia las energías sustentables, en

especial la solar. Esta energía puede ser el futuro de la humanidad debido a la tendencia en su bajo costo, su inagotabilidad y su bajo efecto ambiental.

Por lo cual, los tomadores de decisiones en México tienen varios retos frente al cambio climático, entre ellos, están:

- lograr que las leyes, reglamentos y normas emitidas para abatir la emisión de gases de efecto invernadero se cumplan cabalmente en todos los sectores de la economía.
- Concientizar a la sociedad de lo importante que es el ahorro y uso eficiente de los energéticos en este caso de la energía eléctrica.
- Educar y comunicar a las futuras generaciones sobre los efectos irreversibles que trae consigo el cambio climático para su desarrollo sostenible e inicien a ser conciencia de su huella de carbón.
- Coordinar proyectos para desarrollar tecnología en los centros de investigación públicos y privados del país y del extranjero que permitan aprovechar la energía solar a bajo costo, de manera masiva y contribuir a la tan anhelada transición energética.

Conclusión

Como se observa, México en los últimos años ha tenido una participación notable en la elaboración de instrumentos de política pública, creación de políticas energético-ambientales con el criterio de sustentabilidad; desarrollando instrumentos y mecanismos financieros, y fortaleciendo el marco regulatorio, con el fin de mitigar los gases de efecto invernadero, sin embargo, los resultados siguen siendo marginales de poco impacto ambiental.

A este respecto, se recomienda dar un seguimiento en el corto, mediano y largo plazo a las medidas de mitigación implementadas que permitan evaluar sus resultados y corregir el rumbo si es necesario.

Analizar la posibilidad de reorientar los subsidios que se asignan a las tarifas eléctricas de forma focalizada para financiar la adquisición de los sistemas fotovoltaicos en el sector residencial, con esta medida en pocos años prácticamente todo el sector contaría con esta tecnología. Además, por los resultados de los escenarios propuestos se puede inferir que de contar en todo el sector con un sistema fotovoltaico su contribución en la mitigación de gases de efecto invernadero sería realmente importante al disminuir las emisiones de GEI de CFE.

De igual manera, se recomienda formar especialistas en el manejo de estas tecnologías en todos los niveles tanto en la academia como en la industria. Es necesario e imprescindible preparar más profesionales en esta área.

Fortalecer los mecanismos de financiamiento con los que ya cuenta este tipo de tecnología como son:

Hipoteca Verde de INFONAVIT, PROCALSOL de la CONUEE y Vivienda sustentable de CONAVI

Finalmente, al inicio de este trabajo, se comentó que el fenómeno del cambio climático se debe a la gran actividad antropogénica de las últimas décadas, actividad que se ha desarrollado de manera desordenada y agresiva al ambiente por desconocimiento de las externalidades negativas que se generan, en otras palabras, por falta de educación en toda la extensión de la palabra, en especial, por falta de educación ambiental en todos los niveles de la sociedad que es otra tarea pendiente que el fenómeno del cambio climático paradójicamente forzarán a que las instituciones y autoridades la impartan y difundan de manera masiva y responsable, a la sociedad por su parte, le corresponderá adquirirla ya que como sociedad, se tiene el gran reto de cambiar la forma en que consume la energía en los hogares, es decir, tendrá que cambiar de hábitos para lograr un estilo de vida bajo en carbón.

Referencias

1,2 IPCC, 2014.

3,4,5 .La Economía del Cambio Climático en México, México 2009.

6. IPCC 2014.

7,8,9. IPCC, 2014: Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

10,11,12. IPCC, 2014: Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

13. IPCC, 2014: Resumen para responsables de políticas. En Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

14. IPCC, 2014: Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

15. IPCC, 2014: Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

16. Revista Derecho Ambiental y Ecología, Año 11, enero 2015.

17,18. Galindo, La Economía del Cambio Climático en México, México 2009.

19,20. Galindo, Estrategia Nacional de Cambio Climático, México 2007.

21. Revista Derecho Ambiental y Ecología, Año 11, enero 2015.

22. CMNUCC de COP16 a COP 21 y recuperado de [http://climate-l.iisd.org/Biocultural Diversity \(2012\) De la declaratoria de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrallo](http://climate-l.iisd.org/Biocultural_Diversity_(2012)_De_la_declaratoria_de_Río_sobre_el_Medio_Ambiente_y_el Desarrallo), http://www.bioculturaldiversity.net/Downloads/Papers/Rio_declaration_spanish.pdf

23. http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf

24. Revista Derecho Ambiental y Ecología, Año 11, enero 2015.

25. IPCC, 2014: Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

26. Cecilia Conde, México y el cambio climático global, México, 2011.
<http://www.semarnat.gob.mx> y <http://inecc.gob.mx/acerca/difusion-cp-inecc/1279-indc>
27. Estrategia Nacional de Cambio Climático, México 2007.
- 28 DOF, 2012
- 29- publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012
http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf
30. Revista Derecho Ambiental y Ecología, Año 11, enero 2015.
31. Balance Nacional de Energía, varios años 2000-2014.
32. Reporte de avances de energías limpias 2015, SENER, Recuperado de
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/118995/Informe_Renovables_2015_2.pdf
33. Recuperado de «Sunpower Panels Awarded Guinness World Record»). *Reuters*.
34. Reporte de avances de energías limpias 2015. SENER, 2015. Recuperado de
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/118995/Informe_Renovables_2015_2.pdf
35. <http://www.evwind.com/2016/04/01/perspectivas-para-la-energia-solar-fotovoltaica/>
36. Reporte de avances de energías limpias 2015. SENER, 2015. Recuperado de
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/118995/Informe_Renovables_2015_2.pdf
37. «Price Quotes». <http://pv.energytrend.com/>. precios de las fotoceldas
38. http://www.geimexico.org/image/2015/aviso_factor_de_emision_electrico%202014%20Semarnat.pdf
39. (PIB) <http://www.bancomundial.org/es/country/mexico>
<http://www.datosmacro.com/pib/mexico>
http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/notasinformativas/2015/pib_preocr/pib_preocr2015_05.pdf
<http://www.24-horas.mx/limitan-presupuesto-de-pemex-y-cfe/>
40. Emisiones de CFE
<http://www.cfe.gob.mx/inversionistas/informacionareguladores/Documents/Informe%20Anual/Informe-Anual-2015-CFE-Acc.pdf>
41. Precio de la tonelada de CO_{2e}
<https://www.eex.com/en/market-data/emission-allowances/spot-market/european-emission->
42. Precios del kWh, Prospectiva del Sector Energético 2015-2029

<http://www.cfe.gob.mx/inversionistas/informacionareguladores/Documents/Informe%20Anual/Informe-Anual-2015-CFE-Acc.pdf>

43. http://www.geimexico.org/image/2015/aviso_factor_de_emision_electrico%202014%20Semarnat.pdf

44. Subsidios. <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/subsidios-a-la-luz-en-peligro-de-extinguirse.html>

Bibliografía complementaria

45. Aguilar José, El Efecto Invernadero Cambio Climático, La Crisis del Medio Ambiente, (España: 2003)

46. *Martínez Julia, cambio climático: una visión desde México, (México, DF : SEP, 2004).*

47. Sanz Elena, Cambios del Clima, (España: DarwinS.L, 2007).

48. Proceso de cambio climático, ¿cambio climático...podemos evitarlo?: En línea < <http://www.formaselect.com/areas-tematicas/Medio-Ambiente/el-proceso-de-Cambio-Climatico.htm>>