



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“ENERGÍAS RENOVABLES: ALTERNATIVA ENERGÉTICA EN MÉXICO,
LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD AMBIENTAL”**

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

Dante Abigail Piña Verdejo



CDMX

2021



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: Imelda Velázquez Montes

VOCAL: Profesor: Minerva Monroy Barreto

SECRETARIO: Profesor: María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar

1er. SUPLENTE: Profesor: Gema Luz Andraca Ayala

2do. SUPLENTE: Profesor: Alejandra Mendoza Campos

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
ANALÍTICA, FACULTAD DE QUÍMICA, U.N.A.M.**

ASESOR DEL TEMA: MARÍA TERESA DE JESÚS RODRÍGUEZ SALAZAR

SUSTENTANTE: DANTE ABIGAIL PIÑA VERDEJO

RESUMEN

La energía eléctrica ha sido fundamental en el desarrollo de las civilizaciones, el Mundo se encuentra en una transición energética derivado de problemáticas ambientales. Razón por la que a nivel mundial se ha asumido un compromiso con el desarrollo de las Energías Renovables para la producción de electricidad, se busca alcanzar una diversificación energética que satisfaga las necesidades de la sociedad y reduzca la generación de residuos y emisiones. Satisfaciendo las necesidades de la sociedad actual sin comprometer los recursos disponibles para las generaciones futuras.

La Energía Solar Fotovoltaica ha sido en los últimos años una de las energías renovables con mayor desarrollo para generar electricidad en el país, son de los Estados con más centrales solares fotovoltaicas para la producción de energía eléctrica: Chihuahua, Sonora y Coahuila. México ocupa el sexto lugar a nivel mundial en generación de energía eléctrica mediante recursos geotérmicos, son de los estados con mayor capacidad instalada para generación de electricidad mediante Energía Geotérmica: Baja California, Michoacán y Puebla. Para la generación de energía eléctrica a partir de estas dos Energías Renovables se realizó una revisión de legislación, normativa, desarrollo a nivel nacional y estatal en las localidades antes mencionadas. Se presenta también el marco regulatorio y desarrollo de los dos países líderes en generación eléctrica de cada una de estas dos Energías Renovables; para la Energía Solar Fotovoltaica: Estados Unidos de América y la República Popular de China y para la Energía Geotérmica: Estados Unidos de América y la Republica de Indonesia.

La investigación mostró que la problemática ambiental y la necesidad de abandonar la dependencia de las energías no renovables para generar energía eléctrica, no han sido el principal motivo para impulsar el desarrollo de las Energías Renovables. La regulación aplicable a las Energías Renovables busca primordialmente promover

el desarrollo económico, de gestión de proyectos y finalmente el sector ambiental, siendo este último rubro, regulado principalmente por ordenamientos generales.

La brecha generacional entre la Energía Solar Fotovoltaica y la Energía Geotérmica se hace presente en la capacidad de generación y marco regulatorio aplicable que se tiene para cada una de ellas, para el caso de la Energía Solar Fotovoltaica no se cuenta con ordenamientos específicos aplicables, por lo que la regulación aplicable a este tipo de proyectos es solamente mediante ordenamientos generales; mientras que la Energía Geotérmica cuenta con más capacidad de generación instalada y se han desarrollado ordenamientos específicos enfocados al incremento de proyectos para aprovechar este recurso y el desarrollo sustentable de los mismos.

Las investigaciones expuestas en el presente trabajo han demostrado los diversos impactos que las Energías Renovables pueden ocasionar al ambiente, actualmente no representan un deterioro de gran magnitud si se comparan con los impactos ambientales generados por las energías no renovables, sin embargo con el desarrollo de más sitios que generen energía eléctrica mediante el uso de estas tecnologías renovables, resultará necesario comenzar a formular y complementar el marco regulatorio existente con el objetivo de prevenir nuevas problemáticas de residuos, emisiones y reducción de biodiversidad, atribuible al desarrollo creciente de la capacidad de generación de electricidad mediante Energías Renovables.

ÍNDICE

1. Antecedentes	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Particulares	3
3. Metodología de Trabajo	4
4. Introducción	5
4.1 Orden Jurídico Mexicano	5
4.2 Energía, Sociedad y Medio ambiente	7
4.3 Energía No Renovable y Renovable	10
4.3.1 <i>Energía No Renovable</i>	10
4.3.2 <i>Energía Renovable</i>	14
4.4 Energías Renovables para la generación de electricidad en México	28
4.5 Energías Renovables a Nivel Mundial	32
4.6 Energía Solar Fotovoltaica en México y el Mundo	34
4.6.1 <i>Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica en México</i>	34
4.6.2 <i>Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica en el resto del Mundo</i>	36
4.7 Energía Geotérmica en México y el Mundo	37
4.7.1 <i>Desarrollo de la Energía Geotérmica en México</i>	37
4.7.2 <i>Desarrollo de la Energía Geotérmica en el resto del Mundo</i>	40
5. Resultados de la Investigación	42
5.1 Organismos Gubernamentales y Orden Jurídico Ambiental en México	42
5.2 Revisión de la Legislación y Normatividad Ambiental para Energías Renovables en México	46
5.3 Regulación Ambiental para la Energía Solar Fotovoltaica	67
5.3.1 <i>Regulación en México</i>	67
5.3.2 <i>Regulación en Estados Unidos de América</i>	70

5.3.3 Regulación en la República Popular de China	73
5.4 Regulación Ambiental para la Energía Geotérmica	76
5.4.1 Regulación en México.....	76
5.4.2 Regulación en Estados Unidos de América.....	81
5.4.3 Regulación en la República de Indonesia	84
6. Discusión de Resultados	91
6.1 Discusión de Resultados sobre Energía Solar Fotovoltaica	91
6.2 Discusión de Resultados sobre Energía Geotérmica.....	94
7. Conclusiones.....	97
8. Referencias Bibliográficas.....	101

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de Flujo de Metodología de Trabajo	4
Figura 2. Diagrama de instalación eólica con aerogenerador (UKEssays, 2018)	15
Figura 3. Sistema Fotovoltaico aislado (Sun Fields Europe, 2011)	17
Figura 4. Sistema Fotovoltaico conectado a red (Sun Supply, 2018)	17
Figura 5. Sistema de una central Hidroeléctrica (Iberdrola, 2016).....	19
Figura 6. Funcionamiento de Planta de Vapor Seco (U.S. Energy Information Administration [EIA], 2019).....	24
Figura 7. Funcionamiento de Planta de Vapor Flash (EIA,2019)	24
Figura 8. Funcionamiento de Planta de Ciclo Binario (IEA, 2019).....	24
Figura 9. Porcentaje de energía eléctrica generada por fuente en México (SENER, 2018).....	29
Figura 10. Incremento en capacidad y generación de electricidad con Energías Renovables de 2017 a 2018 (SENER, 2018)	29
Figura 11. Capacidad instalada de Energías Renovables al primer semestre del 2018 (SENER, 2018).....	30
Figura 12. Generación de electricidad mediante Energías Renovables al primer semestre del 2018 (SENER,2018)	30
Figura 13. Consumo de energía eléctrica por región en 2019 (BP, 2020)	33
Figura 14. Mapa de Irradiación Solar Máxima en México (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ], 2018)	34
Figura 15. Mapa de Centrales Fotovoltaicas distribuidas en México (ASOLMEX, 2019)	35
Figura 16. Capacidad Global Instalada de centrales fotovoltaicas y su adición de 2009 a 2019 (REN21, 2020).....	36
Figura 17. Principales Zonas con flujo de calor geotérmico en México (INEL, 2017)	38

Figura 18. Capacidad Global Anual Instalada de la Energía Geotérmica 2018 (REN21, 2019)	41
Figura 19. Capacidad Global Anual Instalada de la Energía Geotérmica 2019 (REN21, 2020)	41
Figura 20. Marco Regulatorio de las Energías Renovables Geotérmica y Solar Fotovoltaica	45
Figura 21. Muerte de tejidos vegetales en flora por altos niveles de Boro (Yilmazi y Kaptan ,2017)	57
Figura 22. Emisión de CO ₂ y H ₂ S en campos con y sin producción de energía geotérmica (Ármansson ,2003)	57

Índice de Tablas

Tabla 1. Impactos ambientales de las Energías Fósiles.	11
Tabla 2. Impactos ambientales de la Energía Nuclear.	13
Tabla 3. Impactos ambientales de la Energía Eólica.	15
Tabla 4. Impactos ambientales de la Energía Solar Fotovoltaica.	18
Tabla 5. Impactos ambientales de la Energía Hidráulica.	19
Tabla 6. Impactos ambientales de la Energía Oceánica.	21
Tabla 7. Impactos ambientales de la Energía Geotérmica.	25
Tabla 8. Impactos ambientales de los Bioenergéticos.	27
Tabla 9. Principales Países generadores de electricidad por Energía Renovable(REN21,2020).	33
Tabla 10. Estados con más centrales Fotovoltaicas.	35
Tabla 11. Estados con mayor capacidad Fotovoltaica.	36
Tabla 12. Campos Geotérmicos en la República Mexicana.	37
Tabla 13. Principales sitios con potencial Geotérmico en México	38
Tabla 14. Organismos gubernamentales sector energético.	43
Tabla 15. Organismos gubernamentales sector ambiental y Energías Renovables.	44
Tabla 16. Nivel sonoro máximo permisible.	65
Tabla 17. Legislación y Normativa Ambiental aplicable a la Energía Solar Fotovoltaica.	67
Tabla 18. Recursos complementarios aplicables a la Energía Solar Fotovoltaica.	69
Tabla 19. Legislación, Normativa Ambiental aplicable a la Energía Geotérmica.	78
Tabla 20. Recursos complementarios aplicables a la Energía Geotérmica.	80
Tabla 21. Comparación de marco regulatorio Ambiental para la Energía Solar Fotovoltaica.	93
Tabla 22. Comparación de marco regulatorio Ambiental para la Energía Geotérmica.	96

Unidades

°C: Grado Celsius

m: Metro

cm: Centímetro

db: Decibel

MW: Megavatio

MWh: Megavatio Hora

kWh/m²: Kilovatio hora por metro cuadrado

kW/h: Kilovatio hora

kWh/m²/día: Kilovatio hora por metro cuadrado por día

MWAC: Megavatio Corriente Alterna

MW: Megavatio

Watts/m²: Vatio por metro cuadrado

GW: Gigavatio

GWh: Gigavatio hora

1. ANTECEDENTES

En la Ley de Transición Energética (LTE, 2015) se define a las Energías Renovables como: “Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles a ser transformados en energía aprovechable por el ser humano y que se regeneran naturalmente. Por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y al ser generadas no liberan emisiones contaminantes”. En la LTE, se plantean objetivos en materia energética y ambiental a los que se ha comprometido el gobierno para contribuir a la diversificación de recursos energéticos y reducir las emisiones que contribuyen al calentamiento global.

El sector energético es uno de los principales contribuyentes al cambio climático debido a la combustión de hidrocarburos, por lo que la energía renovable se presenta como una alternativa para promover el desarrollo sustentable en la generación de energía eléctrica (Carsola y Freier, 2018).

Se consideran energías renovables:

- Energía Solar Fotovoltaica
- Energía Eólica
- Energía Hidráulica
- Energía Oceánica o Mareomotriz
- Energía Geotérmica
- Energía generada por Biomasa

(Secretaría de Energía [SENER], 2018)

Es necesario conocer el fundamento técnico y científico de cada Energía Renovable para poder obtener el mayor provecho de una manera sustentable. Así como la regulación aplicable para conocer si se garantiza un aprovechamiento responsable e integral con el ambiente.

El presente Trabajo Monográfico de Actualización (TMA) se enfoca en el uso de dos energías renovables para la generación de energía eléctrica, una de las nuevas energías renovables con mayor crecimiento, la Solar Fotovoltaica y en la Energía Geotérmica, en la que México ocupa el sexto lugar en producción a nivel mundial (Renewables Energy Policy Network for the 21st Century [REN21], 2020).

El desarrollo sustentable de las Energías Renovables depende de la capacidad que tiene el gobierno para regular los procesos relacionados que pueden causar un impacto al ambiente y estimular mediante diversos factores el desarrollo de estos.

En materia energética y ambiental, en México existen legislaciones generales donde se establece el compromiso con la preservación de los recursos naturales y el desarrollo de las Energías Renovables para la generación de energía eléctrica, por ejemplo: la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos artículo 4, la Ley de Transición Energética (LTE), la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), siendo la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) el ordenamiento principal del sistema jurídico ambiental.

2. OBJETIVOS

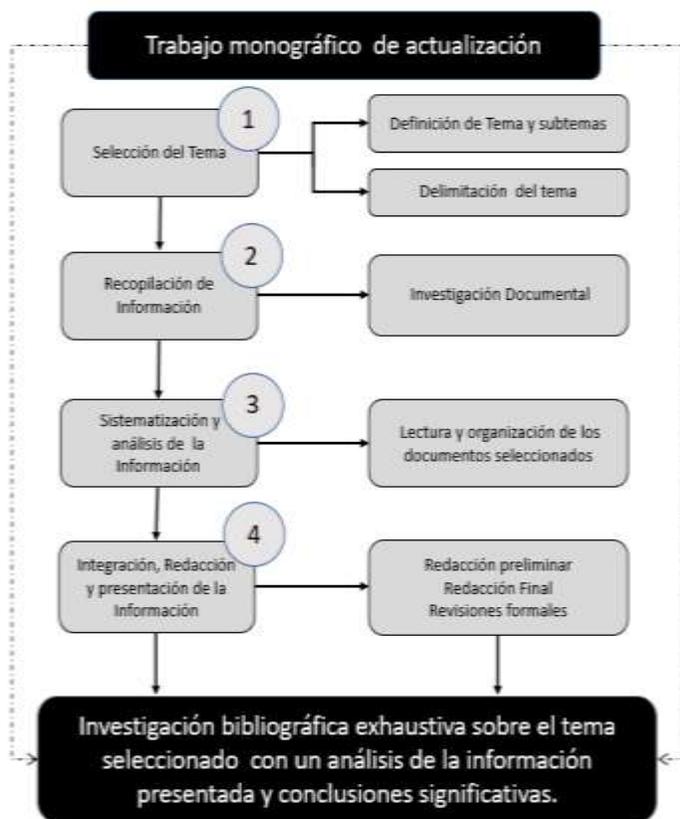
2.1 Objetivo General

Contribuir con una perspectiva de la regulación aplicable a las energías renovables Solar Fotovoltaica y Geotérmica en la generación de energía eléctrica, exponiendo el marco regulatorio que México ha desarrollado para promover un aprovechamiento sustentable de estos recursos y presentar las estrategias regulatorias en materia ambiental que otros países están considerando para desarrollar y potenciar estas tecnologías.

2.2 Objetivos Particulares

- Identificar los principales organismos ambientales gubernamentales y el Orden Jurídico ambiental aplicable en México.
- Presentar el marco regulatorio ambiental actual aplicable a la Energía Solar Fotovoltaica y Geotérmica en México para la generación de energía eléctrica.
- Presentar el marco regulatorio ambiental actual aplicable para desarrollar y potenciar el desarrollo de las tecnologías Solar Fotovoltaica y Geotérmica, de los países líderes en capacidad de generación de energía eléctrica de estas Energías Renovables.
- Presentar las estrategias regulatorias en materia ambiental que otros países están considerando para potenciar el desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica y la Energía Geotérmica en la producción de energía eléctrica, para crear una perspectiva del desarrollo sustentable y su relación con las regulaciones aplicables.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO



La investigación documental tiene como propósito agilizar la obtención de información y datos sobre un tema en específico, sistematiza, compara, organiza y clasifica el conocimiento (Chong, 2007).

La Figura 1 muestra las cuatro etapas principales de la investigación documental (Chong, 2007) y las subetapas que fueron realizadas en el desarrollo del presente TMA.

Figura 1.Diagrama de Flujo de Metodología de Trabajo.

- **Selección de tema y subtemas**

En esta etapa del proyecto se definió como tema principal: Energías Renovables: Alternativa Energética en México, Legislación y Normatividad Ambiental. Se delimitó la investigación a Energía Solar Fotovoltaica y Energía Geotérmica en la producción de energía eléctrica y se definieron los subtemas relacionados.

- **Recopilación de Información**

Mediante una investigación documental se buscó e identificó información relacionada a Energías Renovables, su legislación y normatividad aplicable, en los siguientes recursos:

- a) Artículos publicados sobre investigaciones referentes al tópico en cuestión.
- b) Tesis de licenciatura y posgrados.
- c) Investigaciones e informes gubernamentales.

d) Normas, Reglamentos y Leyes nacionales e internacionales.

- **Sistematización y análisis de la información**

Una vez recopilados los recursos documentales, se seleccionó, ordenó y clasificó la información, con el objetivo de contar con una categorización para poder desarrollar el tema y subtemas del presente TMA.

Se presenta un análisis crítico de la información recopilada, dando respuesta a cada objetivo principal y particular planteado, con sus respectivas conclusiones sobre el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables enfocado a Energía Geotérmica y Energía Solar Fotovoltaica en la generación de electricidad.

- **Integración, redacción y presentación de la información**

El resultado de esta investigación exhaustiva de información científica reportada en fuentes documentales sobre este tema es este manuscrito, el cual presenta información clasificada sintetizada y significativa, así como el análisis del entorno regulatorio actual aplicable y su relación con el desarrollo sustentable de la Energía Solar Fotovoltaica y Geotérmica en la generación de energía eléctrica. Así como las estrategias regulatorias en materia ambiental que otros países están considerando para desarrollar estas tecnologías.

4. INTRODUCCIÓN

4.1 Orden Jurídico Mexicano

Con base en lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Red de Investigadores Parlamentarios en Línea (REDIPAL) propone el siguiente Orden Jurídico del derecho mexicano:

- 1) Tratados internacionales sobre mar territorial y espacio aéreo.
- 2) Constitución y Tratados internacionales de derechos humanos.
- 3) Tratados internacionales que no son de derechos humanos.

- 4) Leyes Generales.
- 5) Leyes Federales, Leyes locales (Ordinarias).
- 6) Disposiciones reglamentarias.

(REDIPAL,2012)

Adicional a esta jerarquización es importante mencionar las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX), las cuales surgen como especificaciones técnicas que brinda soporte en el cumplimiento de las Leyes.

Una Ley General es aquella que se origina de cláusulas constitucionales, solo el Congreso de la Unión legisla sobre este tipo de Leyes, en las cuales se establece la distribución de competencias a nivel nacional. Una vez promulgada y publicada, debe ser aplicada por las autoridades de todos los órdenes de gobierno: federal, estatal y municipal. Mientras que las Leyes Federales tienen sus relativas a nivel local y no establecen una distribución de competencias (REDIPAL, 2015).

Las NOM, son de observancia obligatoria, y son elaboradas por dependencias del Gobierno Federal que establecen: reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad o servicio. Para el caso de las NMX, estas no son de observancia obligatoria, es decir, su aplicación es voluntaria salvo en los casos en que los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con las mismas (Secretaría de Economía, 2016).

Los Tratados Internacionales son acuerdos entre dos o más Naciones, celebrados por el presidente de la República, con aprobación del Senado y son Ley Suprema de toda la Unión (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2020).

Mediante este Orden Jurídico es que México se desarrolla como Nación y establece una estructura que le permite crear un entorno que preserva el orden y paz en la sociedad.

4.2 Energía, Sociedad y Medio ambiente

El desarrollo del hombre siempre se ha acompañado del desarrollo energético. El desarrollo de grandes ciudades e incremento de la población genera una mayor demanda energética. Esto implica la búsqueda constante de diversas fuentes para la generación de electricidad que satisfaga las crecientes necesidades de la población actual (Cunningham, 2003 y Oviedo *et al.*, 2015).

Toda la sociedad requiere, generar y consumir energía eléctrica para sus procesos productivos. El descubrimiento de que la energía se encuentra almacenada de diversas formas en la naturaleza ha producido una modificación del entorno y un agotamiento de los recursos del medio ambiente.

El consumo de recursos y desarrollo social implica la modificación del ambiente lo cual es conocido como impacto ambiental y puede ser clasificado en:

- Positivo o negativo: En términos del efecto resultante en el ambiente.
- Directo o Indirecto: Si es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción.
- Acumulativo: Es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- Sinérgico: Se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.
- Residual: El que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
- Temporal o permanente: Si es por un periodo de tiempo o es definitivo.
- Reversible o irreversible: Depende de la posibilidad de regresar a condiciones originales.
- Continuo o periódico: Dependiendo del periodo por el que se manifieste.

(Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2018).

El acelerado consumo de los combustibles fósiles en los últimos 200 años resulta preocupante cuando se consideran las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se emiten en su consumo (Kelkar, 2015). Se entiende por emisión, la liberación a la atmósfera de GEI y/o sus precursores y aerosoles, en una zona y un periodo de tiempo específicos (Ley General de Cambio Climático [LGCC] ,2018).

Los GEI son aquellos que absorben radiación solar, alterando el equilibrio entre la energía infrarroja que la Tierra absorbe del Sol y la que refleja al espacio. Las altas concentraciones de estos gases impiden la salida de las radiaciones térmicas que la Tierra emite hacia el espacio, provocando que estas regresen a la superficie terrestre, ocasionando un aumento en la temperatura de la troposfera. Los principales GEI son los siguientes:

- a) Dióxido de carbono (CO₂)
 - b) Ozono (O₃)
 - c) Metano (CH₄)
 - d) Óxidos de nitrógeno y azufre
 - e) Vapor de agua (H₂O)
- (UNAM, 2020)

El Gobierno Mexicano a través del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) reportó que el gas más relevante que emite el país es el bióxido de carbono, seguido del metano y el dióxido nitroso (INECC, 2018a).

Estas emisiones se relacionan directamente con el cambio climático, lo cual es la variación del clima, atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables (LGCC, 2018).

El cambio climático es un fenómeno que se manifiesta en un aumento de la temperatura promedio del planeta. El Panel Intergubernamental de Cambio

Climático (por sus siglas en inglés IPCC) indica que las actividades humanas relacionadas con la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) y el cambio de uso de suelo (deforestación) han contribuido en el incremento de los gases de efecto invernadero en los últimos cincuenta años (Castrejón, 2012).

Ante la alerta por la gran cantidad de emisiones contaminantes que se generan y que tienen impacto en el ambiente, se han creado protocolos y acuerdos a nivel mundial (por ejemplo: Acuerdo de París, Protocolo de Montreal y Protocolo de Kioto) con el objetivo de reducir las emisiones que contribuyen al cambio climático. México ha participado activamente en estas actividades comprometiéndose a reducir las emisiones generadas, lo que plantea un reto en el diseño e implementación de las rutas de mitigación de estos gases y compuestos (INECC, 2018).

Estos cambios en el ambiente implican una degradación ecológica, generan una transformación de los ecosistemas, en el cual, éste se aleja de su estado base, perdiendo biodiversidad, biomasa, humedad, riqueza y estabilidad (SEMARNAT, 2015).

Es por esto que el desarrollo, construcción y operación de cualquier sitio de generación energética requiere de una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). Estas MIA son el instrumento de la política ambiental en las que se incluye una evaluación del impacto al ambiente, da a conocer, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo, con el objetivo de preservar los ecosistemas (LGEPPA, 2018).

La preservación de los ecosistemas se logra a través de actividades de prevención, mitigación y remediación o también llamadas de restauración:

- Medidas preventivas: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente (Reglamento de LGEEPA, 2014).
- Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas (Reglamento de LGEEPA, 2014).
- Medidas de remediación o restauración: conjunto de actividades tendentes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales (LGEEPA, 2018).

Las Energías Renovables son una solución clave para combatir el cambio climático, pueden reducir en un 70 % las emisiones de CO₂ relacionadas con el consumo y generación de energía (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019).

4.3 Energía No Renovable y Renovable

4.3.1 Energía No Renovable

Son las fuentes de energía consideradas limitadas, dentro de esta clasificación se encuentra las Energías Fósiles y la Energía Nuclear.

Energías Fósiles: Son aquellas que provienen de la combustión de materiales y sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso, que contienen carbono y cuya formación ocurrió a través de procesos geológicos (petróleo, gas natural y carbón) (LTE, 2015).

Estos combustibles fósiles son utilizados para la generación de energía eléctrica principalmente en centrales termoeléctricas. Las centrales termoeléctricas convencionales funcionan a partir de la combustión de algún combustible fósil. La combustión genera el calor necesario para convertir el agua en vapor; el vapor mueve turbinas o turbogeneradores, los cuales están acoplados a generadores los cuales transforman la energía mecánica en eléctrica. Actualmente también se han desarrollado termoeléctricas de ciclo combinado, estas combinan dos turbinas, una de gas y una de vapor. En los ciclos combinados se utiliza gas natural con aire a presión para producir la combustión que moviliza la turbina de gas, el calor de la combustión evapora el agua para movilizar la turbina de vapor y la energía mecánica producida por ambas turbinas es transformada a energía eléctrica por transformadores, llegando a alcanzar en aplicaciones de plantas para generación de energía eléctrica, rendimientos térmicos superiores al 50 % en comparación con una termoeléctrica convencional (Universidad de Cantabria, 2012).

La Tabla 1 muestra los impactos ambientales más importantes reportados en cada una de las etapas de un proyecto de central generadora de energía eléctrica basado en energías fósiles.

Tabla 1. Impactos ambientales de las Energías Fósiles.

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Preparación del sitio Construcción	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1] [2] [3]
	Desplazamiento y reducción de biodiversidad nativa.	[1] [2]
	Generación de ruido.	[2]
	Emisión de GEI y partículas suspendidas por actividades de construcción.	[1] [2]
Operación	Emisión de GEI y partículas suspendidas.	[1] [2] [3]
	Residuos Industriales.	[1] [2]
	Cambio en propiedades de suelos.	[2]
	Emisión de ruido.	[1] [2]
	Disminución de biodiversidad y ocupación superficial.	[1] [2]
	Alteración en infiltración de agua al subsuelo.	[2]

	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[2]
Abandono	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[2]
[1] Castello, 2003 [3] Quemada y González, 2011 [2] Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), 2019		

En el 2019, del consumo total de energía eléctrica en el Mundo, el 84 % provino de las Energías Fósiles (British Petroleum [BP], 2020). El uso de este tipo de energías genera principalmente CO₂, el cual es emitido a la atmosfera y contribuye directamente a la acumulación de GEI convirtiéndose en un importante factor que contribuye al cambio climático. Actualmente el nivel de producción que se ha desarrollado es fundamental para poder cubrir la demanda energética mundial (González, 2009).

Energía Nuclear: Las centrales nucleares obtienen energía de los átomos mediante la reacción de fisión nuclear, en la que el núcleo de un átomo pesado, al capturar un neutrón incidente, se divide en dos o más núcleos de átomos más ligeros, llamados productos de fisión, emitiendo en el proceso neutrones, rayos gamma y grandes cantidades de energía. Una central nuclear puede ser categorizada como termoeléctrica, ya que aprovecha la energía térmica liberada por la fisión de núcleos de uranio para generar vapor y accionar un grupo de turbinas que en conjunto con un transformador generan energía eléctrica (Consejo de Seguridad Nuclear, 2021).

Los principales residuos asociados al uso de la energía nuclear para la generación de electricidad son:

- 1) Residuos nucleares de baja y media actividad: Son aquellos con baja concentración en radionucleidos. En esta categoría se encuentran, por ejemplo, herramientas, ropa y material utilizado para el mantenimiento de centrales nucleares. Y de media actividad se considera a los radionucleidos producidos en el proceso de fisión nuclear con una vida media inferior a 30 años.

2) Residuos nucleares de alta actividad: Son aquellos con una concentración de radionucleidos tal que debe tenerse en cuenta la generación térmica durante su almacenamiento y evacuación. La vida media de estos radionucleidos es superior a 30 años. Se generan principalmente del tratamiento y acondicionamiento del combustible gastado en la generación de electricidad (Servicio Geológico Mexicano [SGM], 2017).

La Tabla 2 muestra los impactos ambientales más importantes reportados en cada una de las etapas de un proyecto de central generadora de electricidad mediante Energía Nuclear.

Tabla 2. Impactos ambientales de la Energía Nuclear.

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Preparación del sitio Construcción	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[5]
	Desplazamiento y reducción de biodiversidad nativa.	[4] [5]
	Emisión de GEI y partículas suspendidas.	[4]
Operación	Potenciales daños por radiación a la salud.	[2] [3] [4]
	Emisión de GEI y partículas suspendidas.	[4] [5]
	Impacto radiológico ambiental.	[2] [3] [4]
	Generación de ruido.	[4]
	Emisión de sustancias eutrofizantes.	[4]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1] [2] [3] [4] [5]
Abandono	Generación de residuos Nucleares.	[1] [2] [3] [4]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1] [2] [3] [4]
	Emisiones radiológicas.	[2] [3]
[1] Planas, 2018 [2] SGM, 2017	[3] Peña, 2013 [4] Yagüe, 2010	[5] Iberdrola, 2018

Los residuos nucleares son el principal problema relacionado con la Energía Nuclear. Si estos residuos no se tratan debidamente, representan un riesgo para la población y el medio ambiente (SGM, 2017).

4.3.2 Energía Renovable

Son aquellas que se extraen de fuentes que se regeneran de manera natural, se consideran en principio “limpias”, por sus bajos niveles de contaminación e impacto ambiental cuando son comparadas con el uso de energías no renovables (Blanco, 2015).

El uso de estos recursos energéticos generados naturalmente puede ser considerados como servicios ambientales o ecosistémicos, ya que son beneficios obtenidos de la naturaleza. El constante consumo de estos servicios ambientales implica que los ecosistemas deben contar con la capacidad de resiliencia ambiental para evitar su degradación (Mooney *et al.*, 2009). Por lo que resulta importante monitorear el estado del entorno y profundizar nuestro conocimiento en nuevas herramientas o técnicas para mantener y restaurar nuestros ecosistemas.

Se consideran fuentes de energías renovables en la LTE las siguientes:

Energía Eólica: Se genera mediante el uso de turbinas eólicas o aerogeneradores que aprovechan la energía cinética de las corrientes de aire. Estos aerogeneradores son instalados en extensas áreas superficiales ya sea en superficies terrestre o marinas y son llamados comúnmente parques eólicos.

Los tres componentes principales para la conversión de la energía del viento en las turbinas eólicas son: el rotor o sistema de captación de viento, la caja de engranajes o multiplicadora y el generador eléctrico (Cobeiro y Jiménez, 2014).

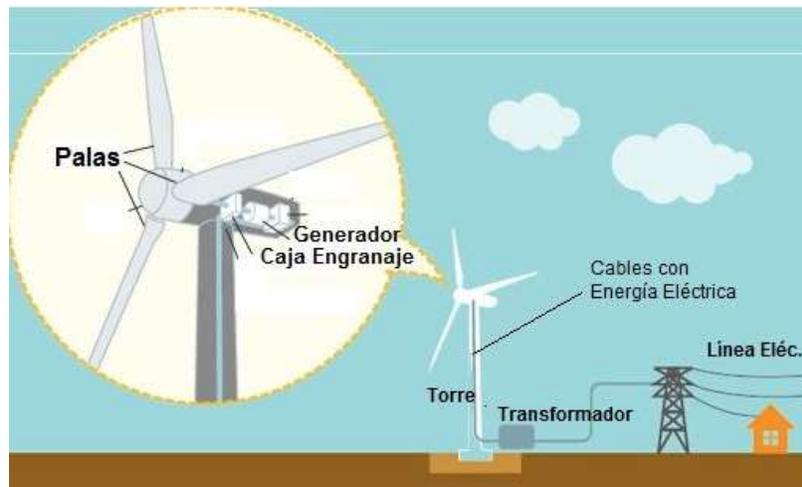


Figura 2.Diagrama de instalación eólica con aerogenerador (UKEssays, 2018).

La Tabla 3 muestra los impactos ambientales más importantes reportados en cada una de las etapas de un proyecto de Energía Eólica en la generación de electricidad.

Tabla 3.Impactos ambientales de la Energía Eólica.

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Preparación del sitio Construcción	Desplazamiento y reducción de biodiversidad nativa.	[2]
	Emisión de GEI y partículas suspendidas por actividades de construcción.	[2] [3]
	Fragmentación o desaparición de hábitat.	[2]
	Emisión de ruido.	[3]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[2] [3]
Operación	Interferencia de ruta migratoria de aves y murciélagos.	[1] [2] [3]
	Generación de ruido.	[3]
	Contaminación visual del paisaje.	[3]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos	[2] [3]
Abandono	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1]
[1] Encalada, 2019	[2] Ramos, 2015	[3] Saidur <i>et al.</i> , 2011

Los parques eólicos tienen un impacto mínimo en el medio ambiente durante su operación si son comparados con las energías no renovables, ya que no se tienen

emisiones de GEI ni residuos que pongan en riesgo la biodiversidad o salud del ser humano.

Energía Solar: La energía solar fotovoltaica es aquella que convierte la radiación solar en electricidad a través de celdas o también llamados módulos fotovoltaicos, que cuentan con una capa de Silicio tipo “p” colocada junto a una capa de Silicio tipo “n”.

El Silicio tipo “p” es fabricado mediante la inclusión de átomos que tienen un electrón menos en su nivel de energía exterior que el Silicio (cuatro electrones), por ejemplo, el Boro (tres electrones), este electrón menos crea una vacante de electrones. Y el Silicio “tipo n” es fabricado mediante la inclusión de átomos que tienen un electrón más que el Silicio (cuatro electrones en su nivel de energía exterior), por ejemplo, el Fósforo (cinco electrones en su nivel de energía exterior), el Fosforo se une con los átomos vecinos de Silicio, pero un electrón no participa en la unión y es libre de moverse dentro de la estructura de Silicio.

En la capa de tipo “n” hay un exceso de electrones, y en la capa de tipo “p” hay un exceso de huecos cargados positivamente. Cerca de la unión de las dos capas, los electrones de la capa tipo “n” se mueven hacia los orificios de la capa tipo “p”. Esto crea un área alrededor de la unión, llamada zona de agotamiento, en la que los electrones llenan los huecos. Cuando todos los huecos están llenos de electrones en la zona de agotamiento, el lado de tipo “p” de la zona de agotamiento ahora contiene iones cargados negativamente, y el lado de tipo “n” de la zona de agotamiento ahora contiene iones cargados positivamente. La presencia de estos iones con carga opuesta crea un campo eléctrico interno que evita que los electrones en la capa de tipo “n” llenen los huecos en la capa de tipo “p”.

Cuando la luz solar incide en la celda fotovoltaica, se expulsan electrones del Silicio, si esto sucede en el campo eléctrico, se tendrá una diferencia de potencial que moverá electrones a la capa de tipo “n” y huecos a la capa de tipo “p”. Al conectarse

las capas de tipo “n” y de tipo “p” con un cable metálico, los electrones viajarán desde la capa de tipo “n” a la capa de tipo “p” cruzando la zona de agotamiento y creando un flujo de electricidad (Sociedad Americana de Química, 2014).

Un sistema fotovoltaico se define como el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que sirven para captar la energía solar y transformarla en electricidad, los sistemas fotovoltaicos se clasifican en sistemas aislados Figura 3 y sistemas conectados a red Figura 4 (Navarrete, 2018):

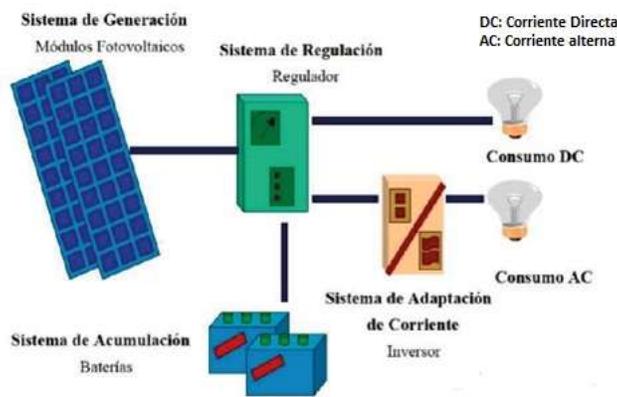


Figura 3. Sistema Fotovoltaico aislado (Sun Fields Europe, 2011).

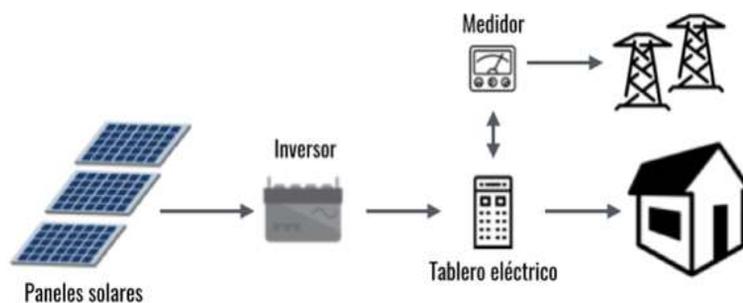


Figura 4. Sistema Fotovoltaico conectado a red (Sun Supply, 2018).

Los módulos solares son colocados en extensas superficies para la captación de radiación solar. Estas instalaciones son llamadas huertos solares o centrales fotovoltaicas.

La Tabla 4 muestra los impactos ambientales más importantes reportados en cada una de las etapas de un proyecto de Energía Solar Fotovoltaica en la generación de electricidad.

Tabla 4. Impactos ambientales de la Energía Solar Fotovoltaica.

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Preparación del sitio Construcción	Desplazamiento y reducción de biodiversidad nativa.	[1] [2] [3] [5][6]
	Fragmentación o desaparición de hábitat.	[5] [6]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1] [6]
	Emisión de GEI y partículas suspendidas por actividades de construcción.	[1] [6]
Operación	Contaminación visual del paisaje.	[1] [2] [3] [4] [6]
	Alteración en la filtración de agua subterránea.	[3]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1] [2] [6]
Abandono	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1] [2] [6]
[1] Navarrete, 2018 [3] Pascual, 2017 [5] Fisher y Lindemayer, 2000 [2] Dhar <i>et al.</i> , 2020 [4] Pasqualino <i>et al.</i> , 2014 [6] Solarxcala, 2018		

La Energía solar fotovoltaica no genera emisiones de GEI durante su operación, sin embargo, por las extensas superficies que son requeridas para la instalación de los módulos o celdas fotovoltaicas, se ve afectada la filtración del suelo y la recarga de recursos hídricos. Una vez concluida la vida útil de los módulos solares se generan residuos sólidos que pueden contener Silicio o Germanio, materiales más comunes con los que son fabricadas las celdas fotovoltaicas (Castellanos, 2018).

Energía Hidráulica: El agua que fluye por el cauce de un río, desde su inicio hasta el final, realiza un trabajo, ya que en su sección inicial tiene energía potencial y cinética. Cuanto mayor sea la diferencia de niveles, determinada con base en la inclinación del cauce y más grande sea el caudal, mayor será la cantidad de energía que posee; a esta energía se le conoce como energía hidráulica (Sandoval, 2018).

Una central hidroeléctrica es el conjunto de estructuras, instalaciones y equipos necesarios para transformar la energía potencial y cinética de una cierta cantidad de agua, en energía eléctrica.

Las turbinas hidráulicas están diseñadas para aprovechar la energía potencial y cinética que posee el agua gracias a una diferencia de altura, con la finalidad de producir un movimiento rotatorio que es transferido mediante un eje al generador, aprovechando esta energía mecánica para convertirla en energía eléctrica. (Espín y German, 2016). En la Figura 5, se muestran los principales componentes de una central hidroeléctrica.



Figura 5. Sistema de una central Hidroeléctrica (Iberdrola, 2016).

La Tabla 5 muestra los impactos ambientales más importantes en cada una de las etapas de un proyecto de Energía Hidráulica para la generación de electricidad.

Tabla 5. Impactos ambientales de la Energía Hidráulica.

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Preparación del sitio Construcción	Desplazamiento y reducción de biodiversidad nativa.	[1] [2] [3]
	Emisión de ruido.	[1]
	Contaminación del suelo.	[1] [2] [3]
	Contaminación de recursos hídricos.	[1] [2] [3]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos	[1]
	Fragmentación o desaparición de hábitat.	[1] [3]
	Emisión de GEI y partículas suspendidas por actividades de construcción.	[1] [2]

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Operación	Generación de ruido.	[1]
	Contaminación visual del paisaje.	[1]
	Alteración en la calidad del agua.	[1] [3]
	Alteración de circulación natural de caudales.	[1] [3]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1]
Abandono	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1]
[1] Iberdrola, 2007 [2]. Teffera, <i>et al.</i> , 2020 [3]. Dos Santos. <i>et al.</i> , 2020		

Las centrales hidroeléctricas causan un gran impacto ambiental durante su etapa de construcción donde afectan principalmente agua, suelo y biodiversidad del entorno, durante su operación los impactos más sobresalientes están relacionados con la alteración y contaminación de los recursos hídricos que se aprovechan.

Energía Oceánica en sus distintas formas: Gradiente térmico marino, corrientes marinas y gradiente de concentración de sal (LTE, 2015).

a) Energía por gradiente térmico marino: este proceso consiste en emplear la temperatura de la superficie del mar a alrededor de 25 °C para vaporizar un fluido con un bajo punto de ebullición (p.e. amonía); el vapor se expande y hace mover una turbina acoplada un generador eléctrico; el vapor es enfriado posteriormente con agua bombeada del fondo del océano con una temperatura de aproximadamente 5 °C, el vapor se convierte en fluido y se reinicia el ciclo. Entre mayor sea la diferencia del gradiente de temperatura, mayor será la eficiencia del ciclo, es por esto que los mayores potenciales de producción se localizan en regiones cercanas al Ecuador (Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano [CEMIE-Océano], 2018a).

b) Energía mareomotriz: es aquella energía producida a través del aprovechamiento del recurso hídrico y los grandes cuerpos de agua,

específicamente mediante la energía potencial obtenida por medio de turbinas que se ponen en movimiento debido al paso de agua a través de ellas, el cual es ocasionado por el movimiento propio de las mareas en las zonas costeras. Consiste en idear un punto estratégico marítimo en donde las mareas presenten un alto grado de diferencia de alturas. Esto ocurre gracias a la atracción gravitacional entre la Luna y la Tierra (Quintero y Quintero, 2015).

c) Energía por gradiente Salino: mediante el método por electrodiálisis inversa, el agua fluye entre membranas catiónicas y aniónicas (membranas ion-selectivas) colocadas de forma alternada a modo de batería o acumulador. Los aniones Cl^- de la sal sólo pueden pasar a través de la membrana de intercambio de aniones, mientras que los cationes Na^+ sólo a través de la membrana de intercambio de cationes. Como resultado surge un voltaje por la diferencia de cargas positivas y negativas similar a una batería, de la cual puede ser generada corriente eléctrica. Mediante el método de ósmosis por presión retardada, se ponen en contacto dos fluidos de diferente contenido salino, entre los que se coloca una membrana semipermeable que permite el paso del agua, pero no de las sales. El agua dulce fluye a través de la membrana hacia una cámara que contiene el agua salada, incrementando la presión en ella y la cual puede ser empleada para impulsar una turbina y generar así electricidad (CEMIE-Océano, 2018b).

La Tabla 6 muestra los impactos ambientales más importantes en cada una de las etapas de un proyecto de Energía Oceánica para la generación de electricidad.

Tabla 6. Impactos ambientales de la Energía Oceánica.

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Preparación del sitio Construcción	Desplazamiento y reducción de biodiversidad nativa.	[1] [2]
	Reducción del área intermareal.	[1]
	Contaminación de recursos hídricos.	[1]
	Aumento de sólidos suspendidos en agua.	[1] [2] [3]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1]

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Operación	Modificación de la calidad del agua mareal.	[1] [3]
	Cambios morfométricos en las cuencas.	[1]
	Modificación de la hidrodinámica natural.	[1] [2] [3]
	Aumento de sólidos suspendidos.	[1] [3]
	Interferencia en rutas migratorias de fauna.	[1] [2] [3]
	Fragmentación o desaparición de hábitat.	[1] [2]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1]
Abandono	Interferencia en rutas migratorias de fauna.	[1] [2] [3]
	Modificación de la hidrodinámica natural.	[1] [2]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[1] [2]
[1] Quintero y Quintero, 2015 [3] Burrows <i>et al.</i> , 2009 [2] Posada <i>et al.</i> , 2019		

Las diversas formas de aprovechar la energía oceánica representan una alternativa si se busca reducir las emisiones de GEI, sin embargo, por el entorno dinámico en el que se desarrolla, se impacta directamente la biodiversidad y la hidrodinámica de la zona.

Energía Geotérmica: Energía renovable que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor natural del interior de la tierra que se transmite a través del cuerpo de roca caliente o reservorios por conducción y convección, donde se suscitan procesos de interacción de fluidos y rocas, dando origen a los sistemas geotérmicos (Hernández, 2019), este recurso es utilizado para generar mediante diversos procesos energía eléctrica.

Se puede dividir en tres tipos: Energía Geotérmica superficial, recursos de Agua termal subterránea y recursos de roca seca y caliente:

- 1) La Energía Geotérmica superficial se refiere al calor a baja temperatura que está contenido en el suelo, grava y agua subterránea dentro de una profundidad de 200 m desde la superficie de la tierra.

2) Los recursos de agua termal subterránea se refieren al agua caliente y vapor que se encuentran a una profundidad de menos de 4000 m y a una temperatura de más de 25 °C.

3) Los recursos de roca seca y caliente se refieren a las rocas de alta temperatura enterradas a una profundidad que varía de 3 km a 10 km debajo de la superficie, con una temperatura superior a 150 °C.

(Wang *et al.*, 2020)

Las plantas de Energía Geotérmica utilizan recursos hidrotermales que provienen del vapor seco o del agua caliente. Se accede a estos recursos hidrotérmicos perforando pozos en la tierra y luego bombeando vapor o agua caliente a la superficie. El agua caliente o el vapor alimentan un generador de turbina que genera electricidad.

Los tres tipos de plantas de energía geotérmica son:

1) Las plantas de vapor seco Figura 6, utilizan vapor directamente de un depósito geotérmico para hacer girar las turbinas generadoras.

2) Las plantas de vapor flash (instantáneo) Figura 7, toman agua caliente a alta presión de las profundidades de la tierra y la convierten en vapor para impulsar las turbinas generadoras. Cuando el vapor se enfría, se condensa y se inyecta nuevamente en el suelo para ser utilizado nuevamente. La mayoría de las plantas de energía geotérmica son plantas de vapor flash.

3) Las centrales eléctricas de ciclo binario Figura 8, transfieren el calor del agua caliente geotérmica a otro líquido. El calor hace que el segundo líquido se convierta en vapor, que se utiliza para impulsar una turbina generadora.

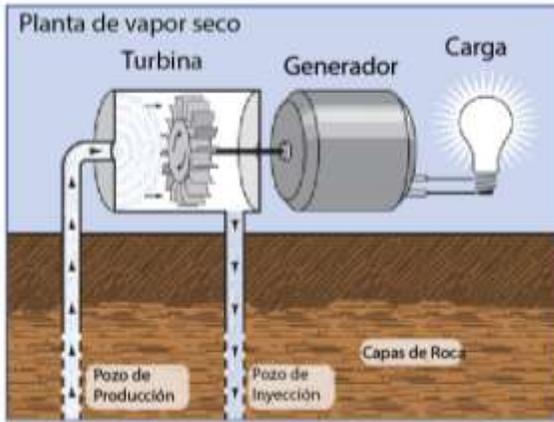


Figura 6. Funcionamiento de Planta de Vapor Seco (U.S. Energy Information Administration [EIA], 2019).

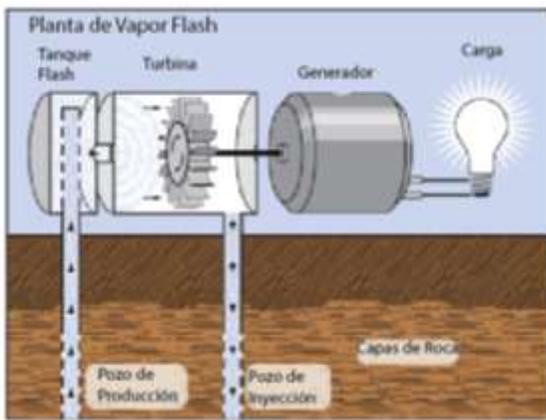


Figura 7. Funcionamiento de Planta de Vapor Flash (EIA, 2019).

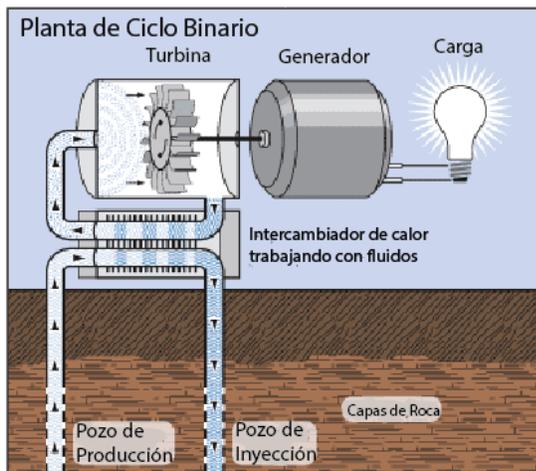


Figura 8. Funcionamiento de Planta de Ciclo Binario (IEA, 2019).

La Tabla 7 muestra los impactos ambientales más importantes reportados en cada una de las etapas de un proyecto basado en Energía Geotérmica para generar electricidad.

Tabla 7. Impactos ambientales de la Energía Geotérmica.

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Preparación del sitio Construcción	Emisión de GEI y partículas suspendidas por actividades de construcción.	[1]
	Remoción física de vegetación para la creación de caminos e instalaciones.	[1] [2] [4] [5]
	Desplazamiento y reducción de biodiversidad nativa.	[1] [5]
	Alto consumo de agua y posible cambio en las propiedades.	[1]
	Altos niveles de ruido durante la construcción de caminos y estructuras.	[2] [3]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[2] [3] [5]
Operación	Emisión de GEI.	[1] [2] [3]
	Generación de ruido.	[1] [3] [5]
	Modificación de la calidad del agua superficial y subterránea.	[1]
	Presencia de metales en agua utilizada.	[2] [3]
	Problemas de disponibilidad de recursos hídricos.	[2]
	Contaminación térmica.	[2]
	Subsidencia del terreno.	[1] [3] [5]
	Contaminación de suelo.	[2] [3]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[2] [3] [5]
Abandono	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[5]
[1] Barbier, 2002 [3] Yilmazi y Kaptan, 2017 [5]. Hernández, 2019 [2] Wang <i>et al.</i> , 2020 [4] Paulillo <i>et al.</i> , 2019		

Los impactos ambientales más característicos del uso de esta energía renovable están asociados a la subsidencia del terreno, contaminación y modificación de los recursos hídricos.

Bioenergéticos: es la energía derivada de los biocombustibles. Los biocombustibles son producidos directa o indirectamente de la biomasa. La biomasa es material de origen biológico, por ejemplo, madera, estiércol o carbón vegetal (Food and Agriculture Organization [FAO], 2020).

Los bioenergéticos pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos, y su finalidad es liberar la energía contenida en sus componentes químicos mediante una reacción de combustión. Existen varios tipos de biocombustibles, los cuales se clasifican de acuerdo con la materia prima y a la tecnología empleada para producirlos. Debido a los avances en la tecnología, se detalla la siguiente clasificación por generaciones:

a) Primera generación: Son producidos empleando tecnologías como la fermentación (para azúcares y carbohidratos), transesterificación (para los aceites y grasas), y la digestión anaerobia (para los desperdicios orgánicos). De estos procesos se obtiene etanol, metanol y n-butanol (a partir de azúcares), biodiesel (a partir de los aceites), y biogás (mezcla de metano y anhídrido carbónico).

b) Segunda generación: Los procesos de producción tienen un nivel de complejidad más alto que los de primera generación, y como ejemplos destacan la sacarificación fermentación y el proceso Fischer-Tropsch. Este último proceso también recibe los nombres de proceso GTL y proceso BTL, cuyas siglas en inglés provienen de “Gas-To-Liquids” y “Biomass-To-Liquids” respectivamente, los cuales consisten en la gasificación del carbón y de la materia lignocelulósica de la biomasa, para después sintetizar algún combustible líquido como el etanol. Mediante los procesos de segunda generación se fabrica etanol, metanol, gas de síntesis (mezcla de anhídrido carbonoso, mejor conocido como monóxido de carbono, e hidrógeno), biodiesel y 2,5-dimetilfurano (DMF).

c) Tercera Generación: Los insumos son vegetales no alimenticios de crecimiento rápido y con una alta densidad energética almacenada en sus componentes químicos, por lo que se les denomina “cultivos energéticos”. Entre estos vegetales

están los pastos perennes, árboles y plantas de crecimiento rápido, y las algas verdes y verdeazules.

d) Cuarta generación: Los biocombustibles son producidos a partir de bacterias genéticamente modificadas, las cuales emplean anhídrido carbónico (CO₂) o alguna otra fuente de carbono para la obtención de los biocombustibles.

(Álvarez, 2009)

Otro de los bioenergéticos con mayor desarrollo es el biogás. La actividad agropecuaria y el manejo adecuado de residuos rurales puede contribuir a la producción y conversión de residuos (biomasa) en distintas formas de energía. Durante la digestión anaerobia de la biomasa, mediante una serie de reacciones bioquímicas, se genera el biogás, el cual, está constituido principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Este biogás puede ser capturado y usado como combustible (FAO, 2011).

En la Tabla 8 se muestran los principales impactos ambientales reportados entre las diversas instalaciones para un proyecto de generación de energía eléctrica basado en Bioenergéticos.

Tabla 8. Impactos ambientales de los Bioenergéticos.

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Preparación del sitio Construcción	Desplazamiento y reducción de biodiversidad nativa.	[1]
	Remoción física de vegetación para la creación de instalaciones.	[2]
	Emissiones de GEI y partículas suspendidas por actividades de construcción.	[2] [1]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[2]
Operación	Uso de combustibles fósiles que generan emisiones de GEI.	[2] [1]
	Alto consumo de agua (p.e.: 1-2 litros de agua por litro de etanol producido).	[1]
	Erosión acelerada de superficies utilizadas como sembradíos.	[1]
	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[2]

Etapa	Impacto Ambiental	Referencia
Abandono	Generación de residuos sólidos y residuos peligrosos.	[2]
[1] Montiel, 2010 [2] Granda <i>et al</i> , 2007		

El uso de esta energía renovable está relacionado con la búsqueda de una diversificación energética del mercado. Los impactos generados se relacionan directamente con la disponibilidad de agua y se producen constantes emisiones de GEI (Granda *et al*, 2007) no solo durante la etapa de construcción si no incluso durante la operación.

4.4 Energías Renovables para la generación de electricidad en México

México es una de las economías más diversas y grandes de América Latina con un alto potencial para el despliegue de energías renovables (Elizondo *et al.*, 2017).

El gobierno de México ha establecido en el Plan Nacional de Desarrollo correspondiente al periodo de 2019–2024, como uno de los objetivos para la reconstrucción del país, crear una sostenibilidad económica, social y medioambiental. Para lograr esto promueve el desarrollo de energías limpias y renovables en la generación de electricidad, favoreciendo cuando resulte aplicable, el uso de tecnologías bajas en carbono y fuentes de generación de energía renovable. Se establece el compromiso de desarrollar una política energética soberana, sostenible, baja en emisiones y eficiente para garantizar la accesibilidad, calidad y seguridad energética. Para satisfacer la demanda creciente de energía a precios accesibles y así garantizar la soberanía y seguridad energética nacional. Este plan indica que es necesario potenciar la producción nacional de energía de manera sostenible, promoviendo su generación con fuentes renovables.

La Figura 9 muestra la participación de los diferentes tipos de energía en la producción total de electricidad en el primer semestre de 2018. Las energías renovables aportaron el 17.29 %, mientras que las energías fósiles el 75.88 %.

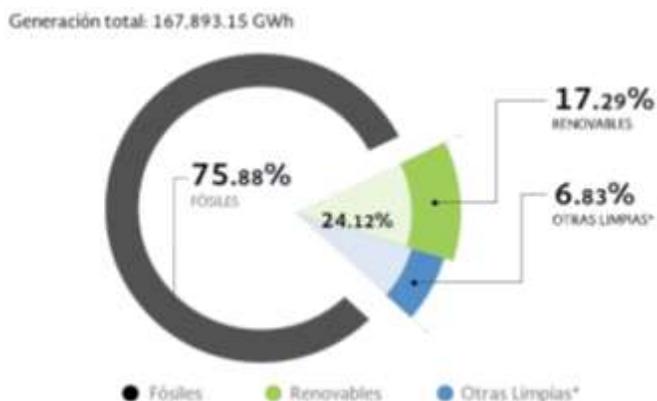


Figura 9. Porcentaje de energía eléctrica generada por fuente en México (SENER, 2018).

Las tecnologías renovables que mayor crecimiento reportaron durante el primer semestre del 2018 fueron la solar fotovoltaica y la eólica, contribuyendo a que la capacidad instalada por fuentes limpias se incrementara en un 11.84 % y la generación en 21.71 % en comparación al primer semestre del 2017, Figura 10.

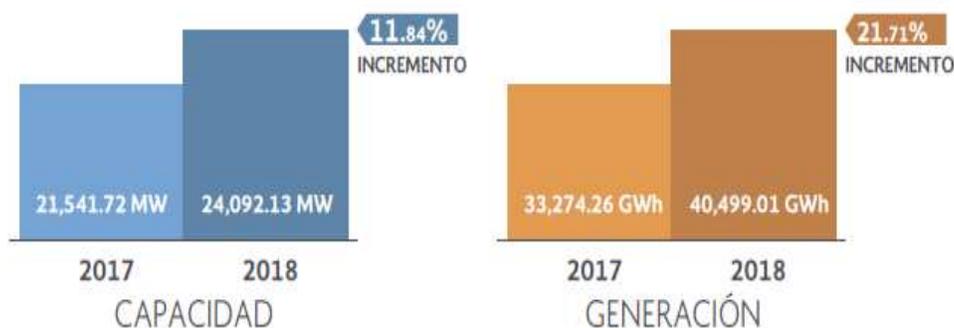


Figura 10. Incremento en capacidad y generación de electricidad con Energías Renovables de 2017 a 2018 (SENER, 2018).

El último reporte de generación de energía eléctrica en México emitido por la SENER indica que del 100 % de la capacidad instalada para producir energía eléctrica en México en el 2008, el 27.09 % correspondía a Energías Renovables, en la Figura 11 se desglosa la capacidad instalada de energías renovables al 30 de junio del 2018.

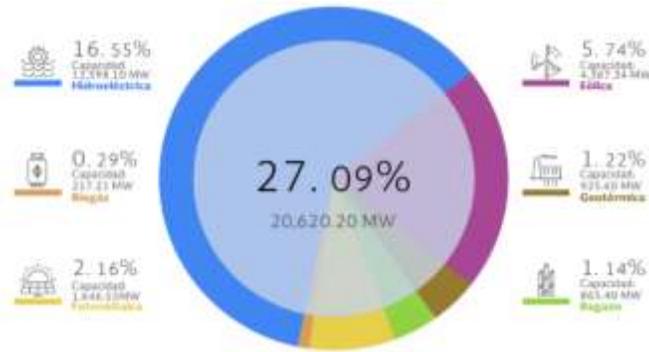


Figura 11. Capacidad instalada de Energías Renovables al primer semestre del 2018 (SENER, 2018)

Las energías renovables con mayor capacidad instalada son la energía hidroeléctrica en primer lugar, la energía eólica en segundo y la energía generada por celdas fotovoltaicas (solar) en tercero, seguido por la energía geotérmica en cuarto lugar.

Del 100 % de energía eléctrica generada en México en 2018, el 17.29 % correspondía a la aportación de energías renovables, en la Figura 12. se desglosa la generación de energía renovable por fuente del 01 enero 2018 al 30 junio de 2018, la mayor generación en este periodo la aportó la energía hidroeléctrica, en segundo lugar, la energía eólica, en tercer lugar, la energía geotérmica, seguido de la energía generada por biomasa.

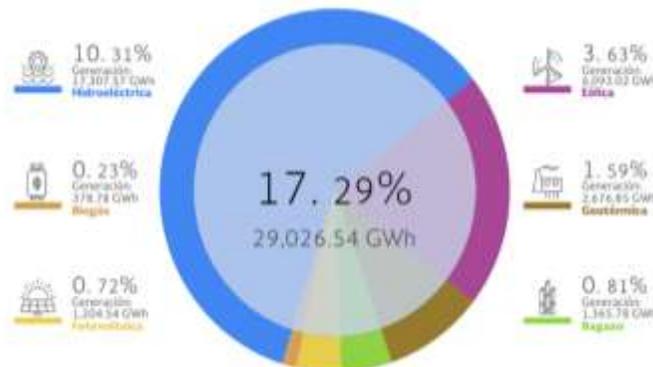


Figura 12. Generación de electricidad mediante Energías Renovables al primer semestre del 2018 (SENER,2018).

El Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL) y el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL) son los instrumentos que el Gobierno Mexicano ha creado para dar información estadística y geográfica, relacionados con energías limpias.

En febrero del 2020 la SENER publicó el Acuerdo por el que La Secretaría de Energía aprueba y publica la actualización de la Estrategia de Transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, tiene como objetivo impulsar el aprovechamiento de las energías limpias, así como su regulación aplicable con el fin mantener la promoción constante de su uso y desarrollo, para reducir las emisiones generadas actualmente. Destaca el uso de incentivos económicos como subsidios y préstamos para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Dentro de los objetivos generales de esta estrategia se indican los siguientes:

- a) Establecer las metas y la hoja de ruta para la implementación de dichas metas.
- b) Fomentar la reducción de emisiones contaminantes originadas por la industria eléctrica.
- c) Reducir, bajo criterios de viabilidad económica, la dependencia del país a los combustibles fósiles, como fuente primaria de energía

Menciona a la Energía Solar Fotovoltaica como una de las energías renovables que más han evolucionado en los últimos años, lo que se traduce en nuevas tecnologías más asequibles y amigables con el ambiente, que pueden ser un sustituto a mediano plazo de la explotación excesiva de energías fósiles, y reafirma las metas en materia de energía limpia indicadas en la LTE con una participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25 % para el 2018, del 30 % para 2021 y del 35 % para 2024.

En materia de generación de energía eléctrica a través de recursos renovables, México se encuentra aún en una posición rezagada, durante el primer semestre de 2018 el 24.2 % de la energía generada provino de fuentes limpias porcentaje que incluye la participación de las energías renovables con un 17.29 %, lo cual queda debajo del objetivo planteado para 2018 de 25 %. Para cumplir con la LTE el Gobierno de México deberá trabajar para llegar hasta un 35 % en 2024.

4.5 Energías Renovables a Nivel Mundial

Seguir explotando aquellas fuentes de energía basadas en combustibles fósiles para la generación de electricidad, representa continuar con altas emisiones de GEI, que contribuyen directamente al calentamiento global, degradando el medio ambiente en el que se desarrolla el ser humano.

A lo largo de los años múltiples naciones han mostrado su interés por frenar el cambio climático ya que es uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial y se han comprometido a desarrollar soluciones ambientales, como lo son las energías renovables. Estas ayudarían a cumplir los compromisos establecidos en acuerdos ambientales tales como el Protocolo de Kioto (Organización de las Naciones Unidas, 1998) y el Acuerdo París (Organización de las Naciones Unidas, 2015), ambos acuerdos enfocados a la reducción de la emisión de GEI.

Las energías renovables proporcionaron aproximadamente el 26 % de la generación mundial de electricidad al final del año 2019 (REN, 2019).

En la Figura 13 se grafica el consumo que tiene cada región del Mundo en cada tipo de energía para 2019. Todas las regiones tienen un alto consumo de gas natural y petróleo. Sudamérica, Centroamérica y Europa son las regiones que más energías renovables consumen.

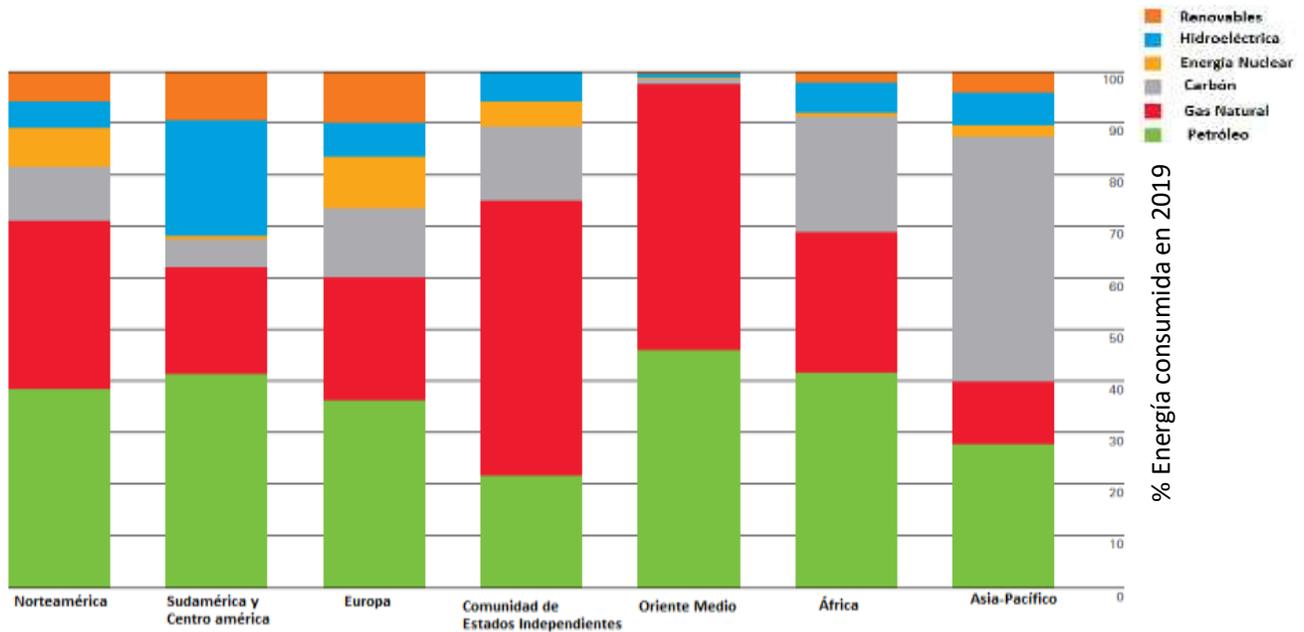


Figura 13. Consumo de energía eléctrica por región en 2019 (BP, 2020).

La Tabla 9 muestra los principales países con capacidad instalada para generar cada una de las energías renovables a finales del 2019.

Tabla 9. Principales Países generadores de electricidad por Energía Renovable (REN21,2020).

	Tipo de Energía				
	Eólica	Solar fotovoltaica	Hidroeléctrica y Oceánica	Geotérmica	Bioenergéticos
1°	R.P. de China	R.P. de China	R.P. de China	Estados Unidos	R.P. de China
2°	Alemania	Estados Unidos	Brasil	Indonesia	Estados Unidos
3°	Estados Unidos	Japón	Canadá	Filipinas	Brasil
4°	India	Alemania	Estados Unidos	Turquía	Alemania
5°	España	India	Rusia	Nueva Zelanda	Indonesia
6°	Reino Unido	Australia	India	México	Reino Unido
7°	Francia	España	Noruega	Kenia	Japón

China es líder en la capacidad de producción de Energía Eólica, Solar Fotovoltaica, Hidroeléctrica, Energía Oceánica y Bioenergéticos. Estados Unidos se encuentra al menos dentro de los primeros cuatro lugares para todas las Energías Renovables y México ocupa el sexto lugar a nivel mundial en capacidad instalada para la generación de Energía Geotérmica.

4.6 Energía Solar Fotovoltaica en México y el Mundo

4.6.1 Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica en México

Es importante definir la irradiación directa normal con el fin de conocer el potencial solar geográfico de una determinada área, la irradiación Directa Normal (IDN) es la cantidad de energía recibida en un área unitaria de la superficie del módulo fotovoltaico directamente frente al sol en todo momento (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE], 2011).

A partir del INEL y el AZEL es que se pueden proyectar las zonas que mayor IDN presentan en el país, mostrados en la Figura 14.

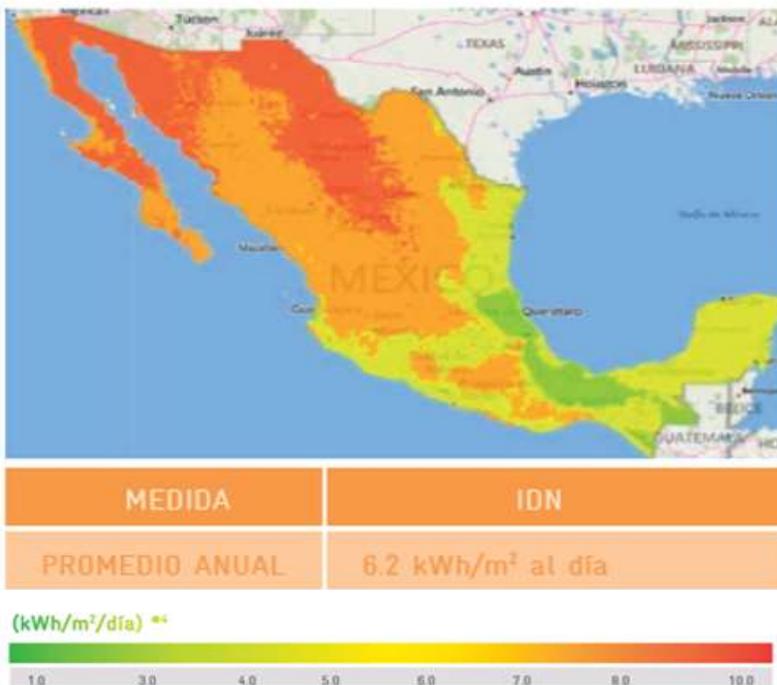


Figura 14. Mapa de Irradiación Solar Máxima en México (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ], 2018).

Los Estados con mayor potencial para el aprovechamiento de Energía Solar Fotovoltaica, con base en la cantidad de IDN que perciben son: Sonora, Chihuahua, Baja California Norte, Coahuila y Durango, presentan en gran parte de su territorio el máximo de IDN (10 kWh/m²/día aprox.).

La Asociación Mexicana de Energía Solar (ASOLMEX , 2019) ha registrado la localización de las centrales fotovoltaicas en la república mexicana, indicadas en la Figura 15; reportó para 2019 un total de 63 centrales fotovoltaicas activas.

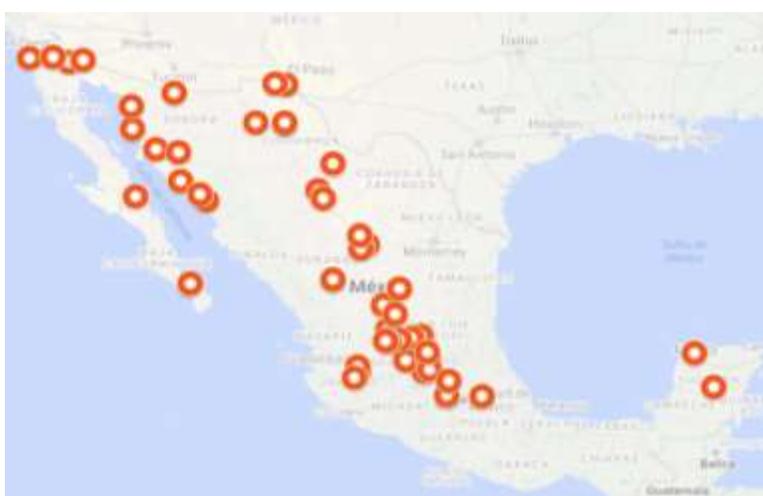


Figura 15. Mapa de Centrales Fotovoltaicas distribuidas en México (ASOLMEX, 2019).

En las Tablas 10 y 11 se observa que el número de centrales fotovoltaicas instaladas en un Estado no es indicador de la capacidad de generación que posee.

Tabla 10. Estados con más centrales Fotovoltaicas.

Lugar	Estado	Número de centrales	Capacidad Fotovoltaica (MWAC)
1°	Chihuahua	11	444
2°	Sonora	10	746
3°	Durango	7	152
4°	Jalisco	7	10
5°	Aguascalientes	6	554
6°	Coahuila	4	619

Tabla 11. Estados con mayor capacidad Fotovoltaica.

Lugar	Estado	Capacidad Fotovoltaica (MWAC)	Número de Centrales
1°	Sonora	746	10
2°	Coahuila	619	4
3°	Aguascalientes	554	6
4°	San Luis Potosí	475	3
5°	Chihuahua	444	11
6°	Tamaulipas	360	1

Chihuahua, Sonora y Durango son los tres estados con mayor número de centrales fotovoltaicas. Sonora, Coahuila y Aguascalientes los tres Estados con mayor capacidad de generación.

4.6.2 Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica en el resto del Mundo

Al final del 2019, los siete países con la mayor capacidad en generación instalada fueron la República Popular de China, Estados Unidos, Japón, Alemania, India, Australia y España (REN21, 2020).

La Figura 16 presenta el desarrollo de la energía Solar Fotovoltaica en el Mundo desde 2009 hasta el 2019.

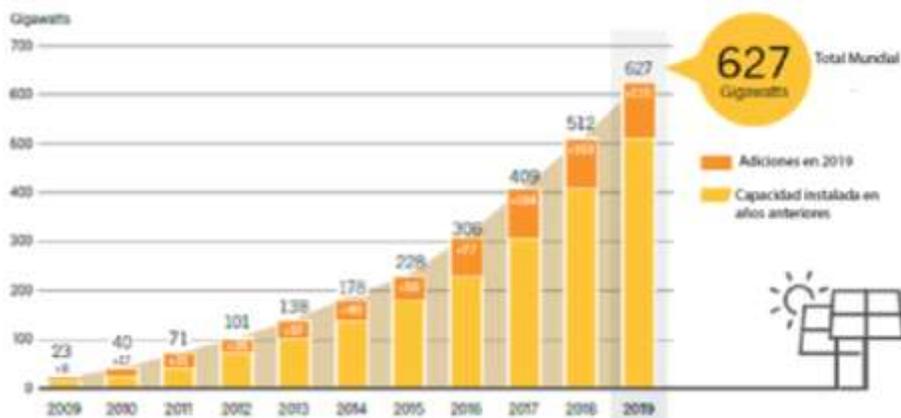


Figura 16. Capacidad Global Instalada de centrales fotovoltaicas y su adición de 2009 a 2019 (REN21, 2020).

En 2018 se reportó un incremento 505 GW en la capacidad de generación instalada, mientras que para 2019 el incremento fue de 627 GW; lo que se traduce en un desarrollo constante de este tipo de energía en la búsqueda de una diversificación energética en la producción de electricidad.

4.7 Energía Geotérmica en México y el Mundo

4.7.1 Desarrollo de la Energía Geotérmica en México

Actualmente México aprovecha cinco ubicaciones estratégicas para la generación de energía eléctrica mediante geotermia, cuatro de ellas operadas por CFE y un sitio operado por Grupo Dragón, empresa privada mexicana que tiene en operación el campo Domo San Pedro, en el estado de Nayarit, estos campos son geotérmicos de tipo hidrotermal (Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica [CeMIEGeo], 2019).

Tabla 12. Campos Geotérmicos en la República Mexicana (CeMIEGeo, 2019).

Campos Geotérmicos en la República Mexicana
Cerro Prieto, Baja California
Domo San Pedro, Nayarit
Los Azufres, Michoacán
Los Humeros, Puebla
Las Tres Vírgenes, Baja California Sur

A partir de la información del INEL se puede localizar las principales zonas con flujo de calor, de las cuales podría ser aprovechado el recurso geotérmico. Figura 17.

Figura 17. Principales Zonas con flujo de calor geotérmico en México (INEL, 2017).



La SENER en colaboración con diversas instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), desarrolló un listado de todos los potenciales pozos en el territorio nacional, esta información fue registrada en 2017, e indica las 20 principales regiones con potencial ordenadas de mayor a menor. Este listado no considera los estados que más sitios geotérmicos potenciales tienen, sino los 20 sitios con mayor potencial a nivel nacional y su ubicación.

Tabla 13. Principales sitios con potencial Geotérmico en México (INEL, 2017).

Estado	Municipio	Sitio	Potencial (GWh/a)
Baja California	Mexicali	Yacimiento Laguna Salada	19,867.68
Baja California	Mexicali	Yacimiento Cerro Prieto	9,362.26
Baja California	Mexicali	Yacimiento Valle de Mexicali	792.54
Jalisco	Tala	Cerritos Colorados	591.71

Estado	Municipio	Sitio	Potencial (GWh/a)
Baja California Sur	Comondú-Loreto	Yacimiento Comundú	587.65
Baja California Sur	Mulegé	Yacimiento Tres Vírgenes	453.55
Michoacán	Irimbo	Los Azufres III	433.04
Chiapas	Francisco León	Francisco Leon	273.23
Nayarit	Ahuacatlán	MEXXUS RG	237.60
Chiapas	Pichucalco	El Chichon	200.20
Jalisco	Zapopan	Comisión Federal de Electricidad (Central Cerritos Colorados)	198.21
Baja California	Mexicali	Cerro Prieto	197.24
Puebla	Chignautla	Los Humeros III	197.24
Nayarit	Compostela	Geotérmica para el Desarrollo, Campo Geotérmico Mesillas	197.10
Hidalgo	Tecozautla	Geotérmica Para El Desarrollo, Campo Geotérmico Rancho Viejo	186.00
Jalisco	Teuchitlán	Geotérmica Para El Desarrollo, Campo Geotérmico Amarillo	186.00
Jalisco	Zapopan	Geotérmica Para El Desarrollo, Campo Geotérmico Ixcatán	186.00
Baja California	Mexicali	Yacimiento San Felipe-Punta Estrella	158.46
Chiapas	Cacahoatán	Cacahoatan	87.94

La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE con la finalidad de identificar y evaluar los recursos de aprovechamiento geotérmico, desde 1983 ha llevado a cabo el censo de más de 1300 focos termales de la República Mexicana, para lo cual ha recolectado muestras de todos los manantiales termales que se tienen inventariados y ha realizado la determinación analítica de parámetros químicos como el sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, sílice, entre otros, necesarios para determinar el origen y clasificación de las aguas, así como el

cálculo de las temperaturas de equilibrio agua-roca, como indicativo de las temperaturas probables en el subsuelo (SENER, 2017).

A razón de lo anterior, mientras mayor sea la temperatura estimada, mayor será también la posibilidad de que el sitio pueda explotarse para su aprovechamiento geotérmico, siempre y cuando los estudios exploratorios de detalle indiquen que se reúnen las características necesarias para:

- 1) Encontrar una fuente primaria de calor.
- 2) Se cuente con un reservorio o yacimiento receptor del calor con roca dentro de las cuales pueda circular el fluido confinado.
- 3) Se cuente con una capa sello o cobertura impermeable sobre el yacimiento que ayude al almacenamiento del fluido caliente y que además impida el escape de este fluido hacia la superficie (SENER, 2017).

Es decir, no porque se indique un alto índice de flujo de calor significa que el sitio sea apto para el desarrollo de una planta geotérmica, se deben evaluar otros factores para determinar si el recurso es aprovechable.

4.7.2 Desarrollo de la Energía Geotérmica en el resto del Mundo

Desde 2016 Turquía y la República de Indonesia han sido los líderes para nuevas instalaciones geotérmicas en el Mundo (REN21, 2019).

Al final del 2019, los siete países con las mayores capacidades de generación instalada fueron Estados Unidos de América, República de Indonesia, Filipinas, Turquía, Nueva Zelanda, México y Kenia (REN21, 2020).

La Figura 18 y 19 presentan el desarrollo de la energía geotérmica en el Mundo para los años 2018 y 2019 respectivamente.

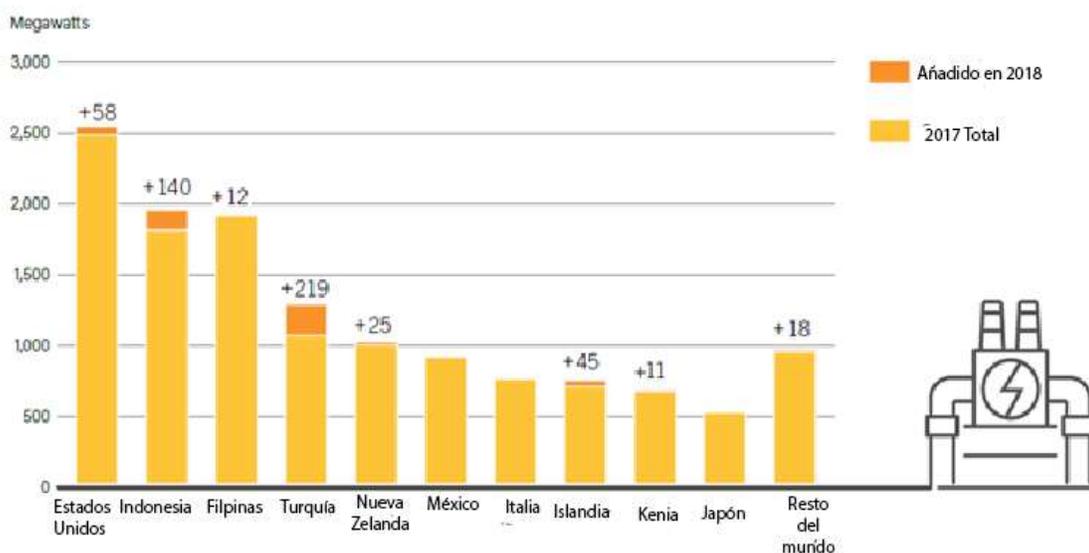


Figura 18. Capacidad Global Anual Instalada de la Energía Geotérmica 2018 (REN21, 2019).

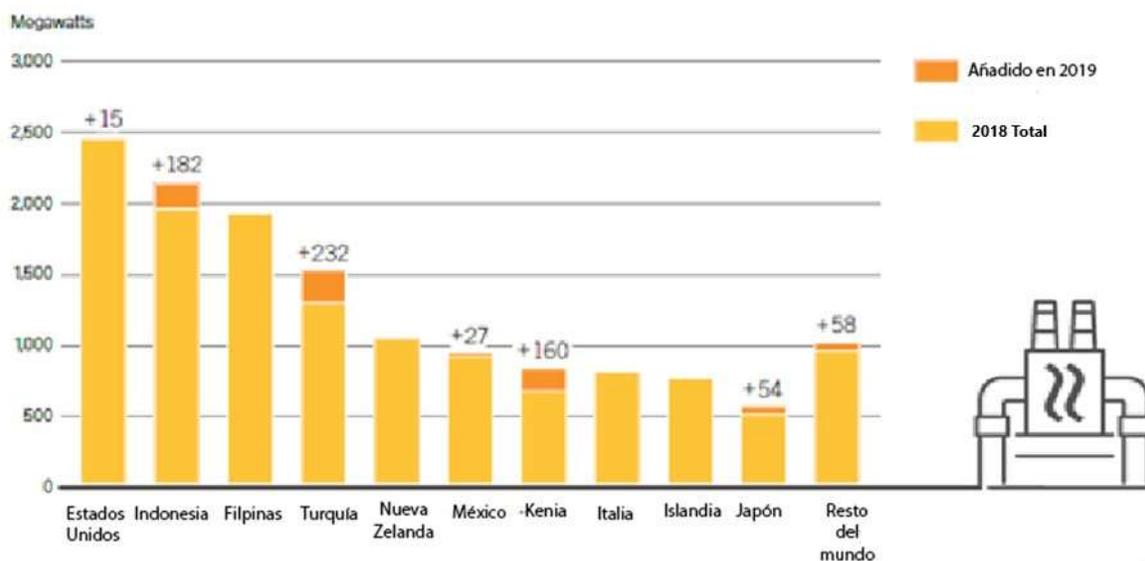


Figura 19. Capacidad Global Anual Instalada de la Energía Geotérmica 2019 (REN21, 2020).

En 2018 se tuvo un incremento total de 528 MW a nivel mundial, mientras que para 2019 el aumento en la capacidad de generación instalada a nivel mundial fue de 728 MW, se ha progresado en el desarrollo de esta energía renovable; a pesar de que el principal líder Estados Unidos, tuvo un incremento mínimo durante el último

año, otros países como la República de Indonesia y Turquía continúan desarrollando instalaciones, Kenia en el 2019 también fue de los principales países en desarrollar estas instalaciones, incluso sobrepaso en capacidad instalada a Islandia e Italia quienes en 2018 se encontraban por delante. México agregó nueva capacidad operativa, inaugurando 27 MW en el estado de Michoacán en la planta de energía de los Azufres, y eleva el total de las plantas a 10 unidades generadoras y 252 MW de capacidad (REN21, 2020).

5. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Organismos Gubernamentales y Orden Jurídico Ambiental en México

El artículo 4 constitucional establece que toda persona tiene derecho a un ambiente sano para su desarrollo y bienestar. En el artículo 25 constitucional el estado se compromete a garantizar un desarrollo integral y sustentable, así como el deber de este para cuidar la conservación y preservación del medio ambiente (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2020).

En cumplimiento a lo estipulado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos resulta necesaria la creación de organismos gubernamentales. Así como guías regulatorias que garanticen la preservación del medio ambiente y al mismo tiempo promuevan el desarrollo de las Energías Renovables.

Estos organismos administrados por del gobierno, se dedican a la administración, regulación y organización en este caso, de las actividades relacionadas a la energía (Ver Tabla 14.), medio ambiente y Energías Renovables (Ver Tabla 15).

Tabla 14. Organismos gubernamentales sector energético.

Institución	Objetivos
<p>Secretaría de Energía (SENER)</p> 	<p>Conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional (SENER, 2020b).</p>
<p>Comisión Reguladora de Energía (CRE)</p> 	<p>Fomentar el desarrollo eficiente de la industria, promover la competencia en el sector, proteger los intereses de los usuarios, propiciar una adecuada cobertura nacional y atender a la confiabilidad, estabilidad y seguridad en el suministro y la prestación de los servicios (CRE, 2020).</p>
<p>Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)</p> 	<p>Promover la eficiencia energética y fungir como órgano técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía (CONUEE, 2020).</p>
<p>Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL)</p> 	<p>Investigar e innovar el desarrollo tecnológico, la ingeniería y los servicios técnicos especializados en áreas como la eficiencia energética, la planeación y expansión del sistema eléctrico nacional, la confiabilidad, seguridad, simulación, las energías renovables, la automatización, y las nuevas tecnologías de información (INEEL, 2020).</p>
<p>Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)</p> 	<p>Ejercer el control operativo del Sistema Eléctrico Nacional; la operación del Mercado Eléctrico Mayorista y garantizar imparcialidad en el acceso a la Red Nacional de Transmisión y a las Redes Generales de Distribución (CENACE, 2020).</p>
<p>Comisión Federal de Electricidad (CFE)</p> 	<p>Prestar el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con la satisfacción de los clientes, con el desarrollo del país y con la preservación del medio ambiente (CFE, 2020).</p>

Tabla 15. Organismos gubernamentales sector ambiental y Energías Renovables.

Institución	Objetivos
<p>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)</p> 	<p>Incorporar en los diferentes ámbitos de la sociedad y de la función pública, criterios e instrumentos que aseguren la óptima protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales del país, conformando así una política ambiental integral e incluyente que permita alcanzar el desarrollo sustentable (SEMARNAT, 2020a).</p>
<p>Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)</p> 	<p>Preservar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes para su administración sustentable y garantizar la seguridad hídrica (CONAGUA ,2020).</p>
<p>Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)</p> 	<p>Desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes, programas, y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable (CONAFOR, 2020).</p>
<p>Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO)</p> 	<p>Promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad (CONABIO, 2020).</p>
<p>Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)</p> 	<p>Incrementar los niveles de observancia de la normatividad ambiental, a fin de contribuir al desarrollo sustentable y hacer cumplir las leyes en materia ambiental (PROFEPA, 2020).</p>
<p>Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)</p> 	<p>Generar e integrar conocimiento técnico y científico e incrementar el capital humano calificado para la formulación, conducción y evaluación de políticas públicas que conlleven a la protección del medio ambiente, la preservación y restauración ecológica, el desarrollo bajo en carbono, así como la mitigación y adaptación al cambio climático en el país (INECC, 2020).</p>

Institución	Objetivos
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) 	Perfilar nuevos enfoques en materia de investigación y desarrollo tecnológicos para proteger el recurso y asignarlo de manera eficiente y equitativa entre los distintos usuarios (IMTA, 2020).
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) 	Contribuir a la preservación y sustentabilidad de ecosistemas y ambientes naturales, representativos de la diversidad biológica de México, mediante la planeación, gestión y administración efectiva, equitativa, honesta y transparente del sistema mexicano de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2020).

El gobierno federal en colaboración con los organismos gubernamentales mencionados en la Tabla 14 y 15, crea el marco regulatorio aplicable a las Energías Renovables con el objetivo de impulsar el aprovechamiento sustentable.



Figura 20. Marco Regulatorio de las Energías Renovables Geotérmica y Solar Fotovoltaica.

5.2 Revisión de la Legislación y Normatividad Ambiental para Energías Renovables en México

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2018): Considerada el eje rector en el sistema jurídico ambiental (SEMARNAT, 2018a), es una Ley General referida a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

En cuanto a la preservación del ambiente y su relación con el desarrollo sustentable, el artículo 1 enfatiza la preservación al medio ambiente y el derecho que tienen los individuos a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar. El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad. Para el desarrollo de regulaciones que promuevan el desarrollo sustentable, establece que es facultad de la federación la atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas sujetas a la soberanía y jurisdicción de la nación y en la fracción V. se le otorga la responsabilidad a la expedición de Normas Oficiales Mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento.

El artículo 7 atribuye responsabilidad ambiental también a los Estados de la República Mexicana pues en su fracción I. les otorga la facultad para formular, conducir y evaluar políticas ambientales estatales, así como la prevención y control de la contaminación. Otorga la responsabilidad de prevenir, mitigar y restaurar posibles impactos ambientales a quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, obligándolo a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que esto implique. Por lo que de ser necesario, es responsabilidad de la federación la emisión de una o varias normas más específicas que se encarguen de regular la industria de las Energías Renovables pues deben prevenirse desequilibrios ecológicos.

El artículo 28 aborda el tema de la evaluación del impacto ambiental y especifica en su fracción II. que todo proyecto relacionado con la industria eléctrica deberá presentar dicha evaluación con el fin de obtener una autorización en materia de impacto ambiental.

La evaluación de un estudio de impacto ambiental la realiza la SEMARNAT mediante un procedimiento de tipo técnico administrativo, hay tres opciones mediante las cuales puede presentarse dependiendo de la magnitud del área donde se pretende desarrollar el proyecto:

a) Informe preventivo: Se requiere un informe preventivo y no una manifestación de impacto ambiental, cuando:

- Existan normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades.
- Las obras o actividades de que se trate estén expresamente previstas por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que haya sido evaluado por la Secretaría.
- Se trate de instalaciones ubicadas en parques industriales autorizados en los términos de la presente sección.

En los casos anteriores, la Secretaría, una vez analizado el informe preventivo, determinará, en un plazo no mayor de veinte días, si se requiere la presentación de una manifestación de impacto ambiental en alguna de las modalidades o si se está en alguno de los casos mencionados.

b) Manifestación de impacto ambiental modalidad regional.

c) Manifestación de impacto ambiental modalidad particular.

(SEMARNAT, 2018b)

La MIA es un documento basado en estudios técnicos con el que las personas (físicas o morales) que desean realizar alguna de las obras o actividades previstas en el artículo 28 de la LGEEPA, analiza y describe las condiciones ambientales anteriores a la realización del proyecto con la finalidad de evaluar los impactos potenciales que la construcción y operación de dichas obras o la realización de las actividades podría causar al ambiente, define y propone las medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar esas alteraciones (SEMARNAT, 2018b). Se apoyan de los ordenamientos ecológicos los cuales funcionan como Instrumento de la política ambiental que se concibe como un proceso de planeación cuyo objetivo es encontrar un patrón de ocupación del territorio que maximice el consenso y minimice el conflicto entre los diferentes sectores sociales y las autoridades en una región. Durante este proceso se generan, instrumentan, evalúan y, en su caso, modifican las políticas ambientales con las que se busca alcanzar un mejor balance entre las actividades productivas y la protección de los recursos naturales a través de la vinculación entre los tres órdenes de gobierno, la participación de la sociedad y la transparencia en la gestión ambiental (SEMARNAT, 2020b).

Con estos ordenamientos se busca organizar y ubicar las actividades productivas en zonas donde se minimice el impacto al ambiente, y al mismo tiempo resulte apto para el desarrollo social y económico.

En materia ambiental comúnmente abordan temas relacionados con:

- a) Caracterización del territorio (Clima, Fisiología, Hidrología, Geología y Edafología).
- b) Situación ambiental.
- c) Aprovechamiento Forestal.
- d) Conservación de los recursos ambientales (agua, aire, suelo y biodiversidad).
- e) Áreas Naturales Protegidas.

El Gobierno de México en colaboración con la SEMARNAT mantienen públicos y consolidados todos los ordenamientos territoriales de la República Mexicana ya sea de forma regional o local en su portal de “Ordenamientos Ecológicos Expedidos” (Gobierno de México-SEMARNAT, 2020).

Una MIA se realiza en modalidad particular o regional, dependiendo del tipo de proyecto a desarrollar, con base en lo establecido en el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto Ambiental.

La MIA en modalidad regional deben contener:

- a) Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental.
- b) Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo.
- c) Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables.
- d) Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región
- e) Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional.
- f) Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional
- g) Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas.
- h) Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.

Mientras que para su modalidad particular debe contener:

- a) Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;
- b) Descripción del proyecto.

- c) Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y regulación sobre uso del suelo.
 - d) Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto.
 - e) Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales.
 - f) Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales.
 - g) Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas,
 - h) Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en los incisos anteriores.
- (Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, 2014)

Como ejemplo de este procedimiento técnico para el caso de la Energía Solar Fotovoltaica en México se encuentra disponible para consulta pública la MIA en modalidad regional para el proyecto: Parque solar Nueva Xcala, con ubicación en Tlaxcala y Estado de México (Solarxcala, 2018).

El Parque Solar Nueva Xcala tendrá una capacidad fotovoltaica instalada aproximada de 200 MWAC, esto mediante la instalación de 734,860 celdas fotovoltaicas en un área de proyecto de 604 hectáreas. La zona de construcción está catalogada como una zona de vegetación tipo pastizal inducido y el uso productivo es agricultura. Considera una vida útil de 25 años, la cual puede incrementar con mantenimientos en instalaciones y celdas fotovoltaicas.

Considera durante su etapa de construcción un total de 76.22 toneladas de residuos sólidos no peligrosos, 182 m³ de residuos de manejo especial y 2.9 toneladas de residuos peligrosos. Para la etapa de operación se estima la generación de 2.9 toneladas anuales de residuos sólidos y 0.5 toneladas de residuos sólidos peligrosos.

La biodiversidad de la región corresponde a un ecosistema de bosque templado y pastizales inducidos de tipo templado-xerófilos. La cual incluye especies arbóreas,

arbustivas, herbáceas y cetáceas. En cuanto a la fauna que se vería impactada se tiene registro de 1 especie de anfibio, 6 especies de reptiles de las cuales 2 están incluidas en la categoría de especies amenazadas y 1 especie se encuentra en la categoría de protección especial, como 5 especies de mamíferos, de las cuales una se encuentra bajo la categoría de amenazada y 21 especies de aves de las cuales 2 se encuentran en la categoría de protección especial, con base en lo indicado en la NOM-59-SMARNAT-2010. Esta flora y fauna se verían afectadas por desplazamiento y remoción del hábitat en el que normalmente se desarrollan pudiendo afectar en conjunto en la disminución de biodiversidad del sitio.

La degradación de suelo impactaría la caracterización de este, afectando directamente procesos microbiológicos como la mineralización y humificación. Impactando consecuentemente el desarrollo de plantas y microorganismos.

La afectación a los mantos acuíferos está relacionada estrechamente con el área superficial que abarcaría la instalación de las celdas fotovoltaicas, pues las recargas de estos mantos están relacionadas con las precipitaciones. De acuerdo al balance de aguas subterráneas, la recarga total media anual que recibe el acuífero, es de 30.3 millones de metros cúbicos anuales, integrados por 28.0 millones de metros cúbicos anuales que entran por flujo subterráneo, y 2.3 millones de metros cúbicos anuales por recarga vertical a partir de agua de lluvia.

Como medidas de prevención y mitigación se presenta un programa de manejo ambiental que considera:

- Biodiversidad: reforestación, reubicación de especies de flora y fauna.
- Suelo: Obras de conservación de suelo.
- Agua: Obras de conservación de agua.
- Aire: Mantenimiento constante de maquinaria para reducir emisiones.
- Residuos: Almacén de residuos para evitar esparcimiento.

Para la gestión de todas estas actividades se presenta un programa de manejo ambiental, el cual se encargará de supervisar el cumplimiento de todas las medidas antes mencionadas e incluye como procesos de monitoreo:

- Notificación mediante hojas de reportes de incidentes que alteren el cumplimiento de las medidas de mitigación.
- Indicadores de cumplimiento en medidas de mitigación
- Reportes en función de las notificaciones y los indicadores

(Solarxcala, 2018)

Si bien la MIA identifica los impactos ambientales que podrían generarse, las medidas de prevención y mitigación para agua, suelo y aire establecidas no son específicas en el plan de actividades que se realizará, siendo incierto el método y efectividad; con los indicadores en el programa de manejo ambiental solo podrá monitorearse que las actividades sean realizadas, sin embargo, esto no garantiza la efectividad de dichas acciones.

Por ejemplo, para el impacto en la biodiversidad y las actividades de reubicación de especies; Fisher y Lindenmayer, 2000, documentaron 180 casos de reubicación realizadas en un intervalo de casi 20 años, con el objetivo de conservar las especies de una región específica, la reubicación fue ocasionada por conflictos entre la fauna y humanos. En la mayoría de los casos reportados, el objetivo declarado fracasó. Las aves, no son especies que puedan ser reubicadas con tanta facilidad, pues pueden ser incluso atraídas por algunos elementos estructurales que componen los parques fotovoltaicos, Mc Crary *et al.* 1986, documentó la muerte de 70 aves de 26 diferentes especies durante 40 semanas.

Como ejemplo de este procedimiento técnico para el caso de la Energía Geotérmica en México se encuentra disponible para consulta pública la MIA en modalidad particular para el proyecto Geotérmico Cerro Prieto V, con ubicación en la planicie

aluvial del Valle de Baja California, este proyecto estuvo a cargo de la CFE quien opera por completo el campo geotérmico Cerro Prieto (SEMARNAT, 2007).

Este proyecto aumentó en 100 MW la capacidad instalada en el campo geotérmico Cerro Prieto, utilizando para esta nueva instalación fracciones del campo geotérmico ya establecido, el cual, en su totalidad abarca 18 Km². Se considera una vida útil permanente con mantenimientos periódicos. La zona de construcción al encontrarse dentro de campo geotérmico, ya se encontraba acondicionada para el desarrollo de este tipo de actividades, por lo que la única vegetación disponible en el sitio correspondía a vegetación secundaria: pino salado, huizapol, cachanilla y tule. Mientras que la fauna dentro del campo geotérmico corresponde sólo a una especie de reptil, 13 especies de aves y en los alrededores del campo 18 especies de mamíferos.

En la MIA se consideró para la etapa de construcción remover 9 000 m³ de arcilla, generar 1.9 toneladas de residuos peligrosos y durante la operación se estimó que la generación de estos residuos sería de aproximadamente 700 kg por año.

Los impactos generados a la atmosfera incluyen la emisión de GEI, así como altos niveles de H₂S. Con base en la operación de las otras instalaciones geotérmicas se generaban 77 t/h de CO₂ y 1.20 t/h de H₂S, esta nueva instalación aumentaría en un 13 % las emisiones de estos gases. La composición declarada para estas emisiones es de 96 % CO₂, 3.5 % H₂S y 0.5 % amoniaco. Se considera también la emisión de ruido.

En cuanto a la biodiversidad del sitio y sus alrededores, la deforestación se había dado en la construcción inicial del campo geotérmico.

Como medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales, la MIA considera:

- Biodiversidad: Programas de reforestación. Se cuentan con viveros donde se reproducen diversas especies para poder reforestar periódicamente la zona en general.
- Suelo: Programas de monitoreo de características del suelo para evaluar su composición y determinar si hay deterioro relacionado con las actividades del campo geotérmico.
- Agua: Las aguas residuales del proceso son descargadas en un lago artificial de evaporación y posteriormente reinyectadas para evitar la subsidencia del terreno, con esta medida se evita también la contaminación de recursos hídricos cercanos ya que no se vierten aguas a altas temperaturas y de composición diferente a la natural. Lo que evita la afectación de la calidad de agua y biodiversidad que en él se desarrolle.
- Ruido: Uso de silenciadores para evitar llegar a los niveles máximos permisibles de ruido establecidos en la NOM-081-SEMARNAT-1994 y monitoreo constante para verificar que se encuentra dentro de los límites permisibles.
- Residuos: Programa de manejo integral de residuos.
- Aire: Establecen el monitoreo continuo de emisiones para garantizar que no se emiten por encima de los máximos permisibles con base en lo indicado principalmente en la NOM-043-SEMARNAT-1993 y para el caso de H₂S, establecen como parámetro máximo permisible el indicado por la OMS de 150 mg/m³. Con base en los monitoreos de rutina realizados en todo el campo geotérmico, indican que nunca se han alcanzado esos niveles de emisión y como plan de mitigación se presenta el uso de condensadores de contacto directo y una torre de enfriamiento, el condensado provoca que el H₂S sea atrapado y oxidado a sulfato en un porcentaje del 50 %.

Para el control y efectividad de todas estas medidas se establecerían indicadores de desempeño, los cuales contarían con objetivos definidos. Cada programa de mitigación y prevención se encuentra descrito ampliamente en la MIA por lo que resulta muy claro el método y resultado esperado.

Los impactos ambientales mencionados en la MIA y sus medidas de mitigación atienden las posibles afectaciones al entorno más comunes para este tipo de proyectos que se encuentran reportadas en la literatura.

Por ejemplo, Wang *et al.* 2020 indican que algunos de los impactos más significativos en la operación de una planta geotérmica es el ocasionado por la reinyección de fluidos o aguas residuales del proceso geotérmico, lo cual se refleja principalmente en tres aspectos: problemas de calidad del agua, problemas de recursos y problemas de contaminación térmica. Explicados a continuación:

- Problemas en la calidad del agua: La salinidad del agua geotérmica es relativamente alta, y estos componentes salinos pueden ingresar al agua subterránea poco profunda, cambiando la calidad del agua.
- Problemas de recurso: A largo plazo, si se decide por no regresar el fluido extraído, inevitablemente conducirá al retroceso del nivel del agua subterránea, lo que resultará en una serie de desastres geológicos secundarios, como el desperdicio de energía geotérmica y subsidencia del terreno. Para el caso de la subsidencia el estudio realizado por Owen y Segall 1996, concluyo que los campos geotérmicos “The Geysers” ubicados en California, Estados Unidos, presentaron una subsidencia durante el periodo de 1973 a 1977 de 20 cm.
- Contaminación térmica: Cuando el agua es reinyectada a una temperatura diferente a la del reservorio, rompe el equilibrio de temperatura del agua original y cuando el agua residual geotérmica se descarga en el agua

superficial, la temperatura aumenta, lo que afecta el crecimiento normal de los organismos acuáticos.

Para el caso del proyecto geotérmico Cerro Prieto V se optó por la reinyección de fluidos, evitando la subsidencia del terreno y posible contaminación de cuerpos de agua naturales que se pudieran ver afectados por el descargo de agua con características diferentes a las naturales, razón por la cual hacen énfasis en el constante monitoreo la calidad del suelo.

En cuanto al ruido generado, los pozos geotérmicos en perforación o bajo mantenimiento pueden representar altos niveles de ruido (122-90 db en descarga libre) y 90-75 db con silenciadores, durante perforación y desfogue de vapor pueden exceder los 100 db (Álvarez, 2018), sin embargo en zonas industriales el límite máximo permisible establecido por la NOM-081-SEMARNAT-1994 es de 65 a 68 db, por lo que sería necesario evaluar los datos particulares de la instalación para asegurar que esta medida es eficiente mitigando la emisión de ruido.

Para el caso de las emisiones, el agua, así como el vapor proveniente de pozos geotérmicos, pueden llegar a tener gran cantidad de As, Pb, Cd, Fe, Zn, Sb, Li, Ba y Al, por lo que si estos fluidos no son reinyectados pueden ocasionar altas concentraciones de metales pesados en suelo y vegetación. Un caso documentado, es el de la planta geotérmica Olkenia, en donde la vegetación y suelo alrededor de las pozas con fluidos residuales de origen geotérmico, poseen altas concentraciones de elementos traza como Pb, Zn, Cu, Cd, Hg, Ni y B por lo que se concluye que la reinyección es el mejor método para aislar estos componentes tanto de la vegetación como de cuerpos de agua y de la fauna silvestre (Álvarez, 2018).

Yilmazi y Kaptan, 2017 exponen el análisis de los componentes presentes en las corrientes líquidas generadas durante las fases de exploración, estimulación y producción de los pozos de la planta Germencik en Turquía, resaltan altos niveles de B, Hg y As, los cuales pueden contaminar las aguas superficiales, subterráneas y dañar la vegetación como puede apreciarse en la Figura 21, es por esto que

resulta importante el monitoreo del suelo, flora y fauna que pueda estar en los alrededores de la laguna artificial que se plantea en la MIA, para evitar posibles daños.



Figura 21. Muerte de tejidos vegetales en flora por altos niveles de Boro (Yilmazi y Kaptan ,2017).

Respecto al flujo de CO₂ y H₂S, los sistemas geotérmicos se encuentran en áreas volcánicas o áreas de alto flujo de CO₂ de origen magmático. Sin embargo, cuando se aprovechan este tipo de recursos geotérmicos, los compuestos que anteriormente se encontraban fluyendo por el subsuelo, son emitidos a la atmósfera en la Figura 22 se observa que las emisiones de CO₂ y H₂S son mayores en un campo con producción de energía geotérmica que en un campo con emisiones naturales (Ármansson, 2003).

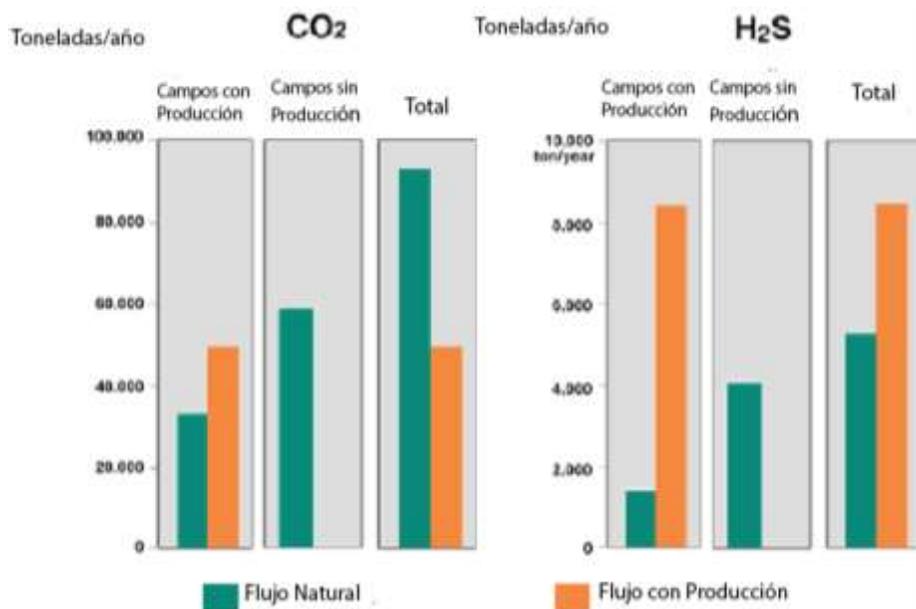


Figura 22. Emisión de CO₂ y H₂S en campos con y sin producción de Energía Geotérmica (Ármansson ,2003).

Las dos MIA brevemente expuestas, presentan estructuras idénticas, para el caso del proyecto geotérmico, se hace un análisis más profundo de los impactos ambientales, las medidas de mitigación y remediación se detallan con fundamentos técnico-científicos y coinciden con diversas investigaciones que reportan el impacto ambiental en este tipo de proyectos. Si bien el proyecto de energía solar fotovoltaica presenta menos impactos al ambiente, la MIA detalla las actividades que se realizarán en cuanto a prevención y mitigación de impactos ambientales pero no es posible analizar el posible impacto positivo o negativo de las medidas planteadas.

Una vez autorizados los proyectos de obras o actividades, PROFEPA debe verificar el cumplimiento de los términos y condicionantes establecidos (PROFEPA, 2019).

El artículo 38 la LGEEPA establece que el objetivo de las auditorías ambientales es evaluar el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable, para esto se toma como guía las leyes, reglamentos y normativas aplicables ya sean generales o específicas para el tipo de proyecto.

Reglamentos de la LGEEPA: En relación con energías renovables solo se cuenta con el reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental el cual es aplicable a cualquier proyecto de generación de Energías Renovables.

Establece que la SEMARNAT es la encargada de inspeccionar, vigilar y sancionar cualquier incumplimiento del mencionado reglamento, es la encargada de evaluar el impacto ambiental y emitir resoluciones correspondientes para la realización de obras o proyectos.

El artículo 5 establece que, quienes pretendan llevar a cabo alguna actividad de la industria eléctrica relacionada con la construcción de plantas geotérmicas, de energía mayores a 3 MW, categoría en la que entran todas las energías renovables analizadas en el presente trabajo, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental (Reglamento de LGEEPA, 2014).

Ley General de Cambio Climático (LGCC, 2018): Establece como objetivo satisfacer el derecho a un medio ambiente sano, atribuyendo a las entidades federativas y municipios la responsabilidad de aplicar políticas públicas para la mitigación de emisiones que contribuyan al efecto invernadero. Enfatiza en la promoción a la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. El artículo 34 establece que las entidades federativas y municipales deben fomentar y promover el uso de fuentes de Energía Renovables, desarrollar y aplicar incentivos a la inversión tanto pública como privada en la generación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables y tecnologías de cogeneración eficiente.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS, 2020): Tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. Se enfoca en recuperar y desarrollar bosques en terrenos forestales degradados y terrenos preferentemente forestales, para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas. En cuanto a los suelos se enfoca en evitar el cambio de uso de suelo para que no se afecte su permanencia y potencialidad, respecto al agua se enfoca en la conservación de sus características y disponibilidad.

Busca promover de manera compatible las actividades productivas del ser humano con el manejo forestal sustentable. Establece que el territorio debe ser zonificado mediante inventarios forestales y de suelos, para en conjunto contar con un indicador actualizado de los bosques y selvas con los que cuenta el país y poder monitorear que existe un desarrollo forestal sustentable.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2018): Establece como objetivo la protección al medio ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, mediante la minimización de residuos generados y

su liberación al ambiente, así como su gestión para evitar daños a los ecosistemas. Establece las responsabilidades que tiene el gobierno con el ambiente y la sociedad para generar programas de gestión de residuos, así como el manejo que estos deben de tener, la categorización e inspecciones rutinarias para verificar el correcto manejo de los residuos generados.

Cualquier proyecto relacionado con la producción de Energía Renovable generará residuos durante sus diferentes etapas de desarrollo (construcción, operación y abandono). La LGPGIR, funge como eje central en la búsqueda de una producción limpia, que responsabilice a las autoridades y gestores de proyectos en la generación, disposición final y daños que pueda causar la generación de residuos, para promover un desarrollo sustentable.

Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (LORCME, 2014): Tiene como objetivo establecer el orden administrativo y responsabilidades que se tendrá en cada órgano regulador. En ella se establece como principal representante en materia ambiental a la SEMARNAT organización que debe estar presente siempre en el Consejo de Coordinación del Sector Energético.

Ley de la Industria Eléctrica (LIE, 2014) : Esta Ley se relaciona con los artículos constitucionales 27 y 28, tiene por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes.

El artículo 6 establece como objetivo del estado mediante sus secretarías promover que las actividades de la industria eléctrica se realicen bajo criterios de sustentabilidad, lo que abre paso a la oportunidad del desarrollo de energías renovables, así como impulsar la inversión en estas para incrementar su

competencia, en la búsqueda de una diversificación energética. Esto mediante la implementación de acciones como la obligación de para adquirir certificados de energías limpias (CEL) lo cual promueve el uso y desarrollo de estas fuentes de energía.

El artículo 69 menciona que la secretaria deberá fomentar el otorgamiento de recursos necesarios para el financiamiento de centrales eléctricas de generación limpia, lo que consideraría el desarrollo también de centrales basadas en energía renovable.

Reglamento de la LIE: En este reglamento los artículos relacionados con las energías renovables son el 83 y 84 donde se menciona a los Certificados de Energías Limpias (CEL) los cuales tienen como objetivo contribuir a lograr las metas en materia de participación en la generación de energía eléctrica provenientes de fuentes de energías limpias.

Los CEL son títulos emitidos por la CRE, que acreditan la fuente de generación de energía como una fuente limpia y pueden ser públicos o privados (CENACE, 2020). Son adquiridos por los consumidores quienes para el 2020 deben declarar que al menos el 7.4 % de su consumo proviene de energías limpias, este porcentaje es establecido por la SENER y cambia anualmente (Centro de Investigación Económica y Presupuestaria, 2020) impulsando el desarrollo de este tipo de energías y la diversificación energética. La energía generada por celdas fotovoltaicas y geotermia pueden otorgar estos certificados.

Aquellos que no adquieren los CEL correspondientes a su nivel de consumo, son acreedores a una sanción o multa que se determina según el porcentaje de CEL no adquiridos en el periodo (Reglamento de la LIE,2014).

Este apartado económico se complementa con el artículo 22 de la LGEEPA donde se da especial atención a los incentivos financieros; pero no especifica el

funcionamiento de estos incentivos por lo que es ambiguo como beneficiarían la producción de energía renovable. Sin embargo, en la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR) se menciona que es posible una deducción de impuestos de 100 % para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente. (LISR, 2019)

Ley de Transición energética (LTE, 2015): tiene como objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

El artículo 2, establece como objetivos aplicables también a las energías renovables:

- a) Prever el incremento gradual de la participación de las Energías Limpias en la Industria Eléctrica con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y de reducción de emisiones.
- b) Facilitar el cumplimiento de las metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética establecidos en esta Ley de una manera económicamente viable.
- c) Establecer mecanismos de promoción de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes.
- d) Apoyar el objetivo de la LGCC, relacionado con las metas de reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y de generación de electricidad provenientes de fuentes de energía limpia.
- e) Promover el aprovechamiento energético de recursos renovables y de los residuos.

El artículo 11, establece que el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía establecerá compromisos en materia energética. Estableciendo como prioridades:

- a) El desarrollo de programas de eficiencia energética.
- b) La regulación de la eficiencia energética.
- d) El fortalecimiento de capacidades institucionales.
- e) La cultura del ahorro de la energía.
- f) La investigación y desarrollo tecnológico.

El compromiso con el desarrollo de Energías Renovables se encuentra en el artículo 14 fracción VII. donde establece la necesidad de incorporar la instalación de centrales que promuevan las bajas emisiones e impactos al ambiente, indica que deberá emitirse de forma anual un reporte de avance en el cumplimiento de metas de generación de electricidad a través de energías limpias, el último reporte disponible es el correspondiente al primer semestre de 2018.

El capítulo tercero dentro de los transitorios la SENER establece como meta, una participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25 % o para el año 2018, del 30 % para 2021 y del 35 % para 2024.

Adicional a las Leyes y Reglamentos mencionados, con base en los impactos ambientales revisados anteriormente para la Energía Solar Fotovoltaica y Geotérmica las Normas Oficiales Mexicanas aplicables que brindan soporte en cuanto al control del deterioro de cualquier factor ambiental son las siguientes:

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los

sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000: Tiene por objetivo establecer las especificaciones técnicas de muestreo y análisis de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, a partir de sus características específicas de constitución, formación y distribución.

Norma Oficial Mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993: Esta norma oficial mexicana establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005: Establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos peligrosos y las características que hacen que se consideren como tales. El residuo es peligroso si presenta al menos una de las siguientes características:

- a) Corrosividad
- b) Reactividad
- c) Explosividad
- d) Toxicidad Ambiental
- e) Inflamabilidad
- f) Biológico-Infeciosa

Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993: establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma.

Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994: Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y el método de medición por el cual se determina su nivel emitido hacia el ambiente. Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación emitido por fuentes fijas son:

Tabla 16. Nivel sonoro máximo permisible.

Horario	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES
de 6:00 a 22:00 horas	68 dB
de 22:00 a 06:00 horas	65 dB

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-1996: Establece las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2012: Creada con el objetivo promover la remediación de suelos en sitios contaminados para cumplir con el objetivo de reducir el impacto ambiental de los residuos, establece los límites máximos permisibles de los hidrocarburos en suelos y los lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.

Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011: Establece los criterios que deberán considerar las Entidades Federativas y sus Municipios para solicitar a la Secretaría la inclusión de otros residuos de manejo especial, establecer los criterios para determinar cuales estarán sujetos a un plan de manejo y el listado de los mismos, así como los procedimientos para la elaboración e implementación de los planes de manejo.

Adicional a las Normas y Leyes de aplicación Nacional mencionadas anteriormente, los Estados de la República Mexicana cuentan con Leyes de aplicación local, las cuales, que con base en lo establecido en la LGEEPA y LGCC para el desarrollo de un entorno sustentable consideran como actividades primordiales:

- a) Planeación ambiental.
- b) Generar Ordenamientos Ecológico.
- c) Generar Instrumentos Económicos que promuevan el desarrollo de proyectos de energía renovable.
- d) Creación de regulación ambiental de los asentamientos humanos.
- e) Evaluaciones del impacto ambiental.
- f) Normas Técnicas Ambientales.
- g) Desarrollo de investigaciones y educación ambiental.
- h) Creación de un Sistema Estatal de Información Ambiental.
- i) Autorregulación y auditorías ambientales.
- j) Creación de un Fondo Estatal de Protección al Ambiente.

Consideran a las Norma Oficiales Mexicanas como el instrumento regulatorio que indicará cuando una emisión es considerada dañina, mientras que no se rebasen los límites permisibles establecidos, no se considerará un daño ambiental. Con estas actividades es que se crean las bases para el desarrollo de una sociedad con un enfoque sustentable teniendo en cuenta los tres factores principales que componen el entorno: ambiente, economía y sociedad.

5.3 Regulación Ambiental para la Energía Solar Fotovoltaica

5.3.1 Regulación en México

Para el caso del aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica para generar electricidad, no se cuenta con una Ley, NOM o NMX específica aplicable. Por lo que, considerando la Legislación y Normatividad general aplicable en la República Mexicana, así como recursos de apoyo proporcionados por el gobierno para el desarrollo sustentable de este recurso se pueden clasificar de la siguiente forma:

Tabla 17. Legislación y Normativa Ambiental aplicable a la Energía Solar Fotovoltaica.

	Agua	Suelo	Aire	Residuos	Biodiversidad
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente y Reglamento de la de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental.	*	*	*	*	*
Ley General de Cambio Climático.	*	*	*	*	*
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.		*			*
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	*	*	*	*	
NOM-021-SEMARNAT-2000: Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.		*			*
NOM-041-SEMARNAT-2015: Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.			*	*	
NOM-052-SEMARNAT-2005: Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.				*	

	Agua	Suelo	Aire	Residuos	Biodiversidad
NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.				*	
NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo					*
NOM-081-SEMARNAT-1994: Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.			*		
NOM-083-SEMARNAT-1996. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.				*	
NOM-161-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.				*	

Tabla 18. Recursos complementarios aplicables a la Energía Solar Fotovoltaica.

	Medio Ambiente	Económico y de proyectos
Ley de Órganos Reguladores de Energía		*
Ley de Impuesto sobre la Renta		*
Ley de la Transición Energética		*
Ley de la Industria Eléctrica		*
Plan Nacional de Desarrollo		*
Reporte de Avance en Energías Limpias		*
Opción de Generación Independiente		*
Certificados de Energías Limpias		*
Evaluaciones obligatorias de Impacto Ambiental	*	

Chihuahua, Sonora y Coahuila son de los estados con mayor número de centrales fotovoltaicas para la producción de electricidad. Ninguno cuenta con una Ley, Norma o Reglamento específico para el desarrollo de proyectos de Energía Solar Fotovoltaica. La regulación ambiental local aplicable a este tipo de proyectos en estos Estados y que promueven un desarrollo sustentable son las siguientes:

Chihuahua

- Ley para el fomento, aprovechamiento y desarrollo de eficiencia energética y de energías renovables del estado de Chihuahua, 2017.
- Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chihuahua, 2018.
- Ley de Cambio Climático del estado de Chihuahua, 2017.

Sonora

- Ley de fomento de energías renovables y ahorro de energía del estado de Sonora, 2018.
- Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Sonora, 2018.
- Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora, 2017.

Coahuila

- Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Coahuila de Zaragoza, 2020.
- Ley para la Adaptación y Mitigación a los Efectos del Cambio Climático en el Estado de Coahuila de Zaragoza, 2020.

Estas Leyes fundamentadas por el artículo 4 constitucional, tienen el objetivo de garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano y saludable. Establecen las facultades del Estado y los Municipios en materia de preservación, restauración del equilibrio ecológico, protección de los ecosistemas y del medio ambiente. Establece a nivel local los mismos principios que la LGEEPA.

5.3.2 Regulación en Estados Unidos de América

La jurisdicción a lo largo de este país esta ordenada en dos niveles, el nivel Federal y el nivel Estatal. La institución federal dedicada al medioambiente es la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Se encarga de reducir, prevenir y controlar la contaminación de agua, suelos y aire en los Estados Unidos de América, con el objetivo de proteger y preservar la vida del ser humano y el ambiente, esto a través de leyes, normas, reglamentos y guías aplicables a diversas actividades desarrolladas por el ser humano (EPA, 2020a).

La Ley principal en materia ambiental es la Ley de Política Ambiental (NEPA por sus siglas en inglés) establece el procedimiento para realizar evaluaciones y declaraciones de impacto ambiental (EIS por sus siglas en inglés). Estas EIS son requeridas para cualquier proyecto, federal, estatal o local que implique financiamiento federal, trabajo realizado por el gobierno federal, gobierno o permisos emitidos por una agencia federal. Se complementa con el Título 16 del Código Estadounidense dedicado a la conservación ambiental, este código es un

compendio de la legislación federal general aplicable en los Estados Unidos de América (NEPA, 1982).

La EPA cuenta con un apartado informativo de Recursos Energéticos Renovables para Gobiernos Estatales y Locales, en el cual la Energía fotovoltaica cuenta con su apartado de recursos informativos específicos para este tipo de energía:

- a) Programa de Tecnologías de Energía Solar (Solar Energy Technologies Program).
- b) Acuerdos de Compra de Energía Solar (Solar Power Purchase Agreements).
- c) Capacidad instalada fotovoltaica en los Estados Unidos (Installed Price of Photovoltaics in the U.S).
- d) Utilidad-Escala Solar en los Estados Unidos (Utility-Scale Solar in the U.S.) (EPA,2019).

Al igual que en México, el marco regulatorio aplicable a la Energía Solar Fotovoltaica en materia ambiental no cuenta con una ley norma o reglamento específico por lo que el desarrollo sustentable se basa en instrumentos legislativos generales para regular el impacto que puede tener el desarrollo humano en el estado base del entorno en las siguientes categorías:

- Aire:
 - a) Ley de aire limpio (United States Code, 1990)
 - b) Estándares Nacionales de Calidad de Aire Ambiental (EPA, 2017a)
- Agua:
 - a) Ley de agua limpia (United States Code, 2018)
- Residuos:
 - a) Ley de conservación y recuperación de recursos (United States Code, 1984)
- Biodiversidad:
 - a) Ley de especies en peligro de extinción (U.S. Fish and Wildlife Service,1973)
- Suelo:

a) Ley de conservación de los recursos hídricos y del suelo (United States Department of Agriculture, 1977)

En materia energética cuentan con la Ley de Política Energética (Energy Policy Act, 2005) enfocada a lograr una eficiencia energética basada en una correcta administración y regulación, así como el desarrollo de nuevas tecnologías.

La sección 206, considera a la energía solar dentro de la clasificación de energías renovables, cuenta con un apartado dedicado a la tecnología solar, donde establece que deberá promoverse el desarrollo de metodologías para el uso de celdas fotovoltaicas, así como el estudio del potencial en las diferentes zonas del país.

El marco regulatorio específico aplicable a la energía solar fotovoltaica se ha desarrollado más hacia un enfoque económico que se puede clasificar en tres esquemas:

- 1) Incentivos financieros federales, como el Crédito Tributario por Inversión (ITC por sus siglas en inglés), este otorga un crédito fiscal por el 30 % del costo de un sistema de energía solar residencial o comercial. Ha sido una herramienta crucial para aumentar la cantidad de proyectos solares en todo el país. Las principales motivaciones ordenadas de principal a menor para que se utilicen sistemas de energía solar incluyen facturas de electricidad reducidas, independencia energética y con un poco menos de popularidad beneficios ambientales.
- 2) El segundo esquema son los incentivos estatales, incluidos los incentivos financieros estatales, por ejemplo, programas de reembolso y créditos de Energía Renovable (por sus siglas en inglés REC).
- 3) Incentivos de apoyo estatal, por ejemplo, el Estándar de Cartera Renovable (RPS por sus siglas en inglés). El RPS es un mecanismo por el cual los grandes consumidores de energía están comprometidos utilizar una porción

de energía renovable en su consumo, así como los generadores a producir una fracción de su generación total para que esta sea comercializada.

(Heng *et al.*, 2019)

5.3.3 Regulación en la República Popular de China

La República Popular de China invierte más en energía renovable que cualquier otro País del Mundo, incluida la energía solar, la cual es central para permitir la transición energética; hoy China es el mayor usuario de energía del mundo y el mayor emisor total de CO₂ (Urban *et al.*, 2016).

Es productor líder de celdas o módulos fotovoltaicos, lo que representó una oportunidad a nivel económico para el desarrollo de esta energía; a finales del 2013 China contabilizó un 67 % de la producción mundial de celdas o módulos fotovoltaicos (Urban *et al.* 2016), a partir de 2012 los costos de las materias primas se vieron reducidos, lo que hizo más competitiva y asequible la adquisición de los insumos necesarios para adoptar la energía solar, la reducción de los costos fue el principal factor para el incremento en el uso de esta Energía Renovable. El gobierno no consideró la necesidad de legislar antes de estimular el desarrollo de este tipo de energía ya que considera que el impacto ambiental es mínimo en comparación a otras energías como la basada en energías fósiles (Zhu, 2020).

A nivel nacional el Ministerio de Ecología y Medio Ambiente (MEE por sus siglas en inglés) administra lo relacionado al medio ambiente y el impacto que en él se genera (MEE, 2020a).

La Administración Nacional de Energía (NEA por sus siglas en inglés) trabaja por departamentos que colaboran con otras comisiones, como lo son la de finanzas, recursos naturales, ciencia y tecnología, entre otras, con el objetivo de alcanzar las mejores estrategias, programas y tecnologías que fomenten a un desarrollo energético sustentable del país.

Los departamentos con mayor relación al desarrollo sustentable son:

- El Departamento de Evaluación de Impacto Ambiental y Gestión de Emisiones. El cual se encarga de administrar permisos y prevenir la contaminación ambiental, así como los daños ecológicos; formular e implementar, planes, leyes y especificaciones sobre evaluación de impacto ambiental. Evalúa el impacto ecológico y ambiental regional y espacial; coordina los permisos y la gestión de emisión de contaminantes; orienta y coordina la prevención y manejo de los riesgos sociales relacionados con el medio ambiente (MEE, 2020b).
- El Departamento de Leyes, Regulaciones y Estándares, establece y mejora el marco de leyes, reglamentos, estándares ecológicos y ambientales; coordina, revisa y presenta la aprobación de los instrumentos políticos aplicables al sector ecológico y del medio ambiente (MEE, 2020c).

El ordenamiento principal en materia ambiental es la Ley de Protección Ambiental de la República Popular China, tiene el propósito de proteger y mejorar el medio ambiente, prevenir y controlar la contaminación y otros peligros públicos, salvaguardar la salud humana (MEE, 1989).

Los ordenamientos generales para promover un desarrollo sustentable, regulando el estado base del entorno son los siguientes:

- Agua
 - a) Ley de Prevención y Control de la Contaminación del Agua (MEE, 2017a)
- Residuos
 - a) Reglas de orientación para la identificación de desechos sólidos (MEE, 2017b)

- Aire
 - a) Ley de la República Popular de China sobre prevención y control de la contaminación por ruido ambiental (MEE, 1996).
 - b) Ley de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (National People's Congress [NPC], 2000).
- Biodiversidad
 - a) Ley de protección de Animales Silvestres (NPC, 2004).
 - b) Ley de Bosques (NPC, 1988).
- Suelo

Ley de la prevención de contaminación del suelo (MEE, 2019).

El marco regulatorio relacionados con el desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica en la República Popular de China se compone principalmente de:

Ley de Energía De la República Popular de China (NEA, 2020): establece el sistema nacional bajo el que se regula y evalúan los procesos de generación de energía, garantizando una operación innovadora, segura y profesional que satisfaga las necesidades de la población brindado un servicio de calidad.

Establece que los gobernantes deberán formular planes y medidas para el control de la contaminación y promover mecanismo de protección ambiental. Deberá ser monitoreado el nivel nacional la capacidad y producción de las Energía Renovables para establecer objetivos y métricas que expongan el avance anual, así mismo establece que existirán incentivos ficales y financieros para el desarrollo de estas energías. Anualmente es emitido un reporte de crecimiento en energía fotovoltaica el cual indica la capacidad instalada año con año (NEA, 2019).

La Ley de Energía Renovable de la República Popular de China (Ministerio de Comercio de la República Popular de China por sus siglas en inglés [MOFCOM], 2013): establece que cualquier proyecto en materia energética debe considerar el

impacto que pueda tener sobre el ambiente, así como ajustarse a las condiciones locales de donde se desarrollara el proyecto.

La República Popular de China ha establecido como objetivo para el 2030 que el 30% de la energía eléctrica que se consume en el país, provenga de recursos renovables (IEA ,2020) y plantea como objetivo para 2050 contar con 1, 300 GW de capacidad de generación.

5.4 Regulación Ambiental para la Energía Geotérmica

5.4.1 Regulación en México

La Energía Geotérmica en México, cuenta con regulaciones dirigidas específicamente al aprovechamiento de este recurso:

Ley de Energía Geotérmica (LEG, 2014): establece como objetivo regular el reconocimiento, la exploración y la explotación de recursos geotérmicos para el aprovechamiento de la energía térmica del subsuelo dentro de los límites del territorio nacional, con el fin de generar energía eléctrica o destinarla a usos diversos.

Pretende fungir como soporte en cumplimiento con la estrategia nacional para la transición energética, promoviendo el desarrollo de proyectos que apoyen este tipo de Energía Renovable. Abarca principalmente temas relacionados al otorgamiento de permisos, y las obligaciones que con el se adquieren, se enfoca a temas de gestión de proyectos, metas económicas y de eficiencia.

En materia ambiental solo se refiere en el artículo 34 fracción VI. que los dueños de las concesiones deberán sujetarse a las disposiciones en materia ambiental aplicables (la presente Ley, reglamentos y Normas Oficiales, indicadas en el punto 5.2 del presente TMA).

El Reglamento de la Ley de la Energía Geotérmica tiene por objeto establecer los requisitos, procedimientos que permitan la realización de las actividades de reconocimiento, exploración y explotación de recursos Geotérmicos previstas en la Ley de Energía Geotérmica, para el aprovechamiento de la energía térmica del subsuelo. Así mismo menciona que será sancionado cualquier daño o perjuicio ocasionado al medio ambiente.

Norma Oficial Mexicana NOM-150-SEMARNAT-2017: es de aplicabilidad específica a la energía geotérmica, enfocada a la protección del medio ambiente durante la construcción de este tipo de proyectos.

Establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas, eriales, fuera de áreas naturales protegidas.

Considera el cuidado del ambiente y brinda especificaciones para el cuidado de:

- Agua:
 - a) Preservación y cuidado de recursos hídricos subterráneos y superficiales.
 - b) Modificación de topografía que pueda afectar la hidrodinámica del entorno.
- Suelo:
 - a) Protección de suelos mediante impermeabilización.
- Aire:
 - a) Mantenimiento preventivo a todo el equipo que presente emisiones con la finalidad de mantener los niveles mínimos de emisión.
 - b) Evitar descargas directas de gases y vapores generados comúnmente CO₂ y H₂S.
 - c) Utilización de silenciadores para reducir el impacto generado por el ruido.
- Biodiversidad:

- a) Especificaciones para la creación de barreras físicas que puedan interferir con el desplazamiento y desarrollo de fauna y flora presente en el entorno.
- b) Modificación de entorno para crear accesibilidad, deforestación y migración de Fauna.
- c) Concientización al personal sobre el cuidado de la biodiversidad existente para evitar daños innecesarios.

Ley de Aguas Nacionales (2020): si bien no fue desarrollada específicamente para el desarrollo sustentable de la Energía Geotérmica. Considera como una de las prioridades del gobierno el adecuado aprovechamiento de estos recursos, mediante evaluaciones de viabilidad y la emisión de permisos para la exploración de pozos. Para la emisión de permisos y responsabilidades se complementa con lo indicado en la LEG.

Por lo que, considerando la Legislación y Normatividad general aplicable en la República Mexicana, así como recursos de apoyo proporcionados por el gobierno para el desarrollo sustentable de este recurso se pueden clasificar de la siguiente forma:

Tabla 19. Legislación, Normativa Ambiental aplicable a la Energía Geotérmica.

	Agua	Suelo	Aire	Residuos	Biodiversidad
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente y Reglamento de la de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental.	*	*	*	*	*
Ley General de Cambio Climático.	*	*	*	*	*
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.		*			*
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	*	*	*	*	
Ley de Aguas Nacionales	*			*	
NOM-001-SEMARNAT-1996: Límites máximos permisibles de contaminantes en	*			*	

	Agua	Suelo	Aire	Residuos	Biodiversidad
las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.					
NOM-004-CONAGUA-1996: Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.	*			*	
NOM-021-SEMARNAT-2000: Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.		*			*
NOM-041-SEMARNAT-2015: Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.			*	*	
NOM-052-SEMARNAT-2005: Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.				*	
NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.				*	
NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo					*
NOM-081-SEMARNAT-1994: Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.			*		
NOM-083-SEMARNAT-1996. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.				*	
NOM-127-SSA1-1994: Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que	*			*	

	Agua	Suelo	Aire	Residuos	Biodiversidad
debe someterse el agua para su potabilización.					
NOM-150-SEMARNAT-2017: Especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales	*	*	*	*	*

Tabla 20. Recursos complementarios aplicables a la Energía Geotérmica.

	Medio ambiente	Económico y de proyectos
Ley de Órganos Reguladores de Energía		*
Ley de Impuesto sobre la Renta		*
Ley de la Transición Energética		*
Ley de la Industria Eléctrica		*
Ley de Energía Geotérmica	*	*
Plan Nacional de Desarrollo		*
Reporte de Avance en Energías Limpias		*
Opción de Generación Independiente		*
Certificados de Energías Limpias		*
Evaluaciones obligatorias de Impacto Ambiental	*	*

Baja California, Michoacán y Puebla son tres de los principales generadores de energía eléctrica a través de recursos geotérmicos, ninguno cuenta con una Ley, Norma o Reglamento local específico para el desarrollo de proyectos de Energía Geotérmica. La regulación ambiental local aplicable a este tipo de proyectos en estos Estados y que promueve un desarrollo sustentable es la siguiente:

Baja California

- Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California, 2019.
- Ley de Energías Renovables para el Estado de Baja California, 2015.
- Ley de Prevención, Mitigación y Adaptación del Cambio Climático para el Estado de Baja California, 2018.

Michoacán

- Ley de Responsabilidad Ambiental para el Estado de Michoacán de Ocampo, 2019.
- Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo, 2017.
- Ley de Cambio Climático del Estado de Michoacán de Ocampo, 2017.

Puebla

- Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla, 2020.
- Ley de Cambio Climático del Estado de Puebla, 2019.

Fundamentadas por el artículo 4 constitucional, tienen el objetivo de garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano y saludable, es mediante estas Leyes Estatales que Baja California, Michoacán y Puebla crean las bases para un desarrollo sustentable en sus respectivos estados, asumiendo un compromiso estatal con el desarrollo de Energías Renovables y conservación del medio ambiente con el fin de contribuir en la disminución de factores que inciten al cambio climático, dichas Leyes se encuentran en concordancia con lo establecido en la LGEEPA Y LGCC.

5.4.2 Regulación en Estados Unidos de América

Como se mencionó en el punto 5.3.2 del presente TMA, la jurisdicción se encuentra dividida en nivel Federal y Estatal. La principal institución gubernamental para la

protección al ambiente es la EPA y el principal ordenamiento ambiental es la NEPA. Cuentan con regulaciones generales que buscan preservar y proteger el medio ambiente en Biodiversidad, Agua, Suelo, Aire y Residuos.

La EPA mantiene publica la Guía de Tecnologías de Calefacción y Refrigeración Geotérmica (EPA, 2016) en la que se describe los fundamentos técnicos y científicos para aprovechar este recurso, así como su aplicación en el desarrollo proyectos.

Ha desarrollado diversos estudios a nivel gubernamental en colaboración con desarrolladores de proyectos e investigadores, donde exponen los impactos detectados en diferentes áreas superficiales, reportes de principales contaminantes en plantas que se encuentran operando, investigaciones de residuos peligrosos, costo del control de estos contaminantes y cuenta con una base de datos para geolocalizar los recursos geotérmicos potenciales, disponible en el sitio de Mapas Nacionales de Potencial Geotérmico (EPA, 2017b).

Adicional a lo mencionado, han desarrollado diversas políticas federales relacionadas con el aprovechamiento de la Energía Geotérmica:

Código Estadounidense sobre Recursos Geotérmicos (United States Code, 2005): en esta sección del Código Estadounidense se abordan tópicos relacionados con recursos e industria geotérmica, en materia ambiental se hace énfasis en conservar la calidad del agua utilizada para estos procesos, así como de los demás factores ambientales que pudieran verse afectados, establece que es necesaria la emisión de una declaración final de impacto ambiental para todos los proyectos de este tipo.

La Política Energética (Energy Policy Act, 2005): cuenta con un “Subtítulo-B” el cual aborda el desarrollo de proyectos de Energía Geotérmica, se destacan factores comerciales, de arrendamiento, incentivos fiscales y procesos para otorgar permisos necesarios para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Adicional al marco regulatorio mencionado anteriormente, la Oficina de Administración de Tierras (por sus siglas en inglés BLM)) tiene la responsabilidad del desarrollo de recursos geotérmicos a nivel nacional. El potencial para el desarrollo de la energía geotérmica federal se encuentra principalmente en 11 estados del oeste y Alaska.

El BLM gestiona más de 240 millones de acres de tierras públicas abiertas al arrendamiento geotérmico, incluidos 104 millones de acres de tierras gestionadas por el Servicio Forestal y más de 800 arrendamientos geotérmicos, 50 de los cuales están en producción, estos arrendamientos generan alrededor del 40 % de la Energía Geotérmica total generada en el país (BLM, 2018).

El BLM es responsable de administrar los impactos de las operaciones geotérmicas en tierras públicas bajo la Ley Federal de Política y Manejo de Tierras, y mediante la sección de recursos geotérmicos del Código Estadounidense protege ciertas localidades geotérmicas importantes, como parques nacionales, que incluyen: Yellowstone, Mount Rainier, Crater Lake, John D. Rockefeller, Jr. Memorial Parkway, Hot Springs y los volcanes de Hawai. El BLM debe garantizar que el desarrollo geotérmico propuesto no dañe estas localidades. (U.S Department of the Interior, 2019)

California es el mayor productor de energía geotérmica en terrenos públicos gestionados por BLM. (U.S Department of the Interior, 2019) En 2018, California recibió 5.92 por ciento de su energía eléctrica de recursos geotérmicos (California Department of conservation, 2019).

El Estado de California cuenta con un conjunto de estatutos y regulaciones dedicado a la administración de energía geotérmica (California Department of Conservation, 2020) los cuales además de contemplar la gestión administrativa, legal y económica de los proyectos geotérmicos, también contemplan apartados ambientales:

- Calidad Ambiental, conservación y desarrollo de recursos hídricos del estado: Con un enfoque en la importancia de los recursos ambientales, establece como responsabilidad del estado el monitoreo de aguas subterráneas para garantizar que no se esté afectando el estado base con proyectos de Energía Geotérmica. La división estatal en colaboración con el departamento de conservación y la división de gestión de energía geológica busca el asesoramiento de expertos para el desarrollo de monitoreo de las aguas subterráneas, con el objetivo de mantener la calidad y accesibilidad de este recurso.
- Descarga de Residuos: En el artículo 4 de este conjunto de estatutos y regulaciones, establece que el Estado tiene derecho a exigir un informe de los componentes químicos en las aguas residuales descargadas consecuencia del proceso.
- Ley de Calidad Ambiental de California de 1970: Indica que los proyectos exploratorios deberán acompañar una declaración ambiental en la cual se proporcione una descripción de impactos ambientales en corto y largo plazo, y debe estar limitado al área actual de interés, y no deberá evaluar impactos que estén fuera del alcance geográfico del proyecto o de zonas geográficas de futuros proyectos. Deberá presentar propuestas de mitigación de impacto ambiental, así como expresar claramente aquellos impactos que no son mitigables.

Al igual que las demás energías renovables, la Energía Geotérmica cuenta a nivel fiscal de ciertos incentivos como los es el ITC, el RPS) y los REC a nivel estatal en aquellos donde se encuentren disponible.

5.4.3 Regulación en la República de Indonesia

La República de Indonesia se encuentra situada en el sudeste asiático, es el mayor archipiélago del planeta formado por más de 17, 000 islas. El sistema político se

divide en un poder ejecutivo, legislativo y judicial, Existen cuatro ministerios coordinadores y 30 ministerios con competencias específicas para la gestión de todos los asuntos que al gobierno compete (Iberglobal, 2018).

Alberga más de un tercio de los recursos geotérmicos del Mundo y solo explota el 5.8 % de su capacidad total estimada, debe sus abundantes recursos geotérmicos a su posición privilegiada en el Anillo de Fuego del Pacífico. Indonesia debe aprovechar su potencial geotérmico si quiere satisfacer las necesidades de electricidad sin requerir de los combustibles fósiles de los que históricamente ha dependido (Fan y Nam, 2018).

En cuanto al desarrollo de Energía Geotérmica, han establecido como objetivo para 2025 tener una capacidad instalada de 7000 MW (Pambudi ,2018). Para el 2019, la Republica de Indonesia terminó con una capacidad instalada de 2100 MW. (REN 21, 2020)

Las limitantes para el desarrollo de esta energía renovable en Indonesia son en primer lugar la falta datos geológicos, los cuales son cruciales para la evaluación preliminar del potencial geotérmico, sin estos datos se dificulta la localización de los recursos disponibles (Fan y Nam, 2018).

El gobierno federal estableció un Fondo de Apoyo Geotérmico de \$ 300 millones de dólares (\$55 millones de dólares aportados por el Banco Mundial). Este fondo fue creado para proporcionar préstamos para exploración y perforación de sitios geotérmicos liderados por el gobierno federal, quien será responsable de administrar el fondo para desarrollar recursos humanos y experiencia en el sector geotérmico (Fan y Nam, 2018).

En la Republica de indonesia las agencias gubernamentales que se encuentran directamente relacionadas con el desarrollo y aprovechamiento de los recursos geotérmicos son:

- a) Departamento de Gestión de Recursos Hídricos.
- b) Ministerio de Energía y Recursos Mineros.
- c) Ministerio Forestal y de Medio Ambiente.
- d) La Agencia Nacional de Tierras.
- e) Departamento de Industria.
- f) La Agencia del Medio Ambiente.

(Shoedarto, 2016)

El ordenamiento principal en materia ambiental es la Ley No.32 (Indonesia House of Representative, 2009), tiene como objetivo establecer las bases para un desarrollo sustentable, mediante instrumentos de evaluación y planificación para el aprovechamiento de recursos y servicios ambientales. Establece las bases de la protección ambiental mediante inventarios de biodiversidad, control de la ejecución de proyectos de desarrollo social dentro del país mediante permisos y evaluaciones de impacto ambiental también llamadas Análisis de Gestión Ambiental (AMDAL por sus siglas en indonesio). Atribuye al gobierno la responsabilidad para la gestión total sobre los recursos naturales, control y prevención de la contaminación en agua, aire y generación de residuos peligrosos.

El AMDAL un estudio de los impactos significativos en el medio ambiente de cualquier proyecto que se espera pueda tener impactos en el entorno. Es uno de los requisitos más importantes para el proceso de toma de decisiones con respecto a la conducción de negocios y actividades en Indonesia. Se debe incluir una evaluación sobre:

- a) Aspectos abióticos (relacionados o caracterizados por la ausencia de organismos vivos)
- b) Aspectos Bióticos (seres vivos)
- c) Aspectos Culturales

El gobierno establece que se deben realizar auditorías para verificar el cumplimiento de las regulaciones aplicables a cualquier proyecto y sanciones administrativas pueden ser aplicadas en caso de que se detecten violaciones a la licencia ambiental que se otorga una vez que el proyecto es aprobado (Gerungan y Titus, 2020).

Al igual que en México y Estados Unidos de América, el marco regulatorio ambiental aplicable parte de legislaciones generales que se enfocan en los siguientes factores ambientales:

- Aire:
 - a) Regulación gubernamental No. 41 sobre el control de contaminación en el Aire (Indonesia House of Representative, 1999).
- Agua:
 - a) Ley No.17 sobre recursos hídricos (Indonesia House of Representative, 2019).
 - b) Ley No. 37 sobre la conservación de suelo y agua (Indonesia House of Representative, 2014a).
- Residuos:
 - a) Regulación de residuos tóxicos y peligrosos (Indonesia House of Representative, 1999)
- Biodiversidad:
 - a) Ley No. 32 sobre administración y protección ambiental (Indonesia House of Representative, 2009)
- Suelo:
 - a) Ley No. 37 sobre la conservación de suelo y agua (Indonesia House of Representative, 2014a).

Estas Leyes se complementan con la Ley sobre Geotermia (Indonesia House of Representative, 2014b), establece las actividades de aprovechamiento de recursos geotérmicos dentro de la categoría de generación de energía eléctrica. Antes de la publicación de esta Ley, las actividades relacionadas con la geotermia eran

consideradas como actividades mineras, por lo que con base en lo establecido en la Ley Forestal de Indonesia, estaba prohibido desarrollar cualquier actividad de este tipo en bosques o áreas de conservación (Hasan y Wahjosoedibjo, 2018), es con esta Ley que las actividades geotérmicas se hicieron permisibles en los bosques y áreas de conservación, siempre y cuando se cuente con un permiso emitido por el Ministro de Silvicultura.

Esta Ley destaca como puntos más importantes para el desarrollo de la Energía Geotérmica:

- a) La Energía Geotérmica como una alternativa en la búsqueda de abandonar la dependencia a los combustibles fósiles
- b) Deben ser aprovechados los vastos recursos geotérmicos del País.
- c) Se busca contar con seguridad energética en gestión y desarrollo de proyectos geotérmicos, mediante la administración gubernamental de estos.
- d) Debe siempre procurarse la preservación de áreas protegidas, permitiendo solo al gobierno desarrollar proyectos geotérmicos en este tipo de áreas.

Establece como obligaciones en materia ambiental para todo aquel que le es otorgado un permiso de utilización las siguientes:

- a) Antes de la explotación y utilización, el titular de la licencia/permiso geotérmico deberá tener un permiso ambiental de acuerdo con las disposiciones de la legislación en el ámbito de la protección y gestión ambiental donde son incluidos: el estudio de viabilidad para la aprobación del ministerio.
- b) El ministerio debe determinar la terminación de dicho permiso /licencia hasta que el portador termine sus acciones de restauración ambiental por el impacto ocasionado en las áreas correspondientes y las demás obligaciones que adquirió al ser portador de dicha licencia permiso.

- c) En todo proyecto de carácter geotérmico debe controlarse la contaminación y/o daños al ambiente mediante prevención, mitigación y restauración.

La regulación Presidencial No.5 de 2006 establece objetivos de desarrollo para las energías renovables, busca reducir el consumo de la energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles de un 56 % a un 26.2 % para 2025 y plantea como meta para la energía geotérmica un incremento en el consumo de energía, del 3.1 % al 3.8 % para 2025.

En 2019 el Banco Mundial realizó una investigación sobre el desarrollo geotérmico en áreas de conservación forestal, en esta investigación se desarrolló con un enfoque sustentable, por lo que expone oportunidades de mejora en el desarrollo sustentable de esta industria (World Bank, 2019). Dentro de las conclusiones más importantes en materia ambiental destacan las siguientes:

- Considera que los proyectos geotérmicos tienen un bajo impacto ambiental ya que su huella ecológica en las áreas forestales es relativamente pequeña en comparación con, por ejemplo, una mina de carbón a cielo abierto o una presa hidroeléctrica. Aunque destaca que no hay disponibles estudios cuantitativos locales de cuáles son realmente los impactos de la deforestación.
- Los caminos que se construyen en áreas forestales para estos proyectos pueden impactar negativamente el entorno y la vida salvaje que alberga si no son cerrados al público general en toda su longitud. Por lo tanto, deben evitarse los largos caminos de acceso a las áreas forestales.
- Teniendo en cuenta los altos costos de mantenimiento de las redes de carreteras en áreas de terreno empinado y entornos tropicales de alta precipitación, las decisiones de infraestructura deben promover una actitud

más pragmática hacia la construcción de carreteras, una que reconozca que es mejor construir menos carreteras en general y garantizar que las que se construyan proporcionan un fuerte retorno de las inversiones con menos impactos ambientales, sociales y financieros.

- Los claros de carreteras anchas tienen un impacto mucho mayor en la fragmentación de las poblaciones de vida silvestre que las carreteras estrechas con conectividad a través de ellas. Los anchos del camino deben mantenerse en un mínimo absoluto, suficiente para permitir que un vehículo articulado de 16 m mueva las plataformas de perforación de manera segura entre las plataformas de perforación dentro y fuera de las áreas del proyecto. Después de la fase de exploración inicial, los bordes de las carreteras deben ser revegetados.
- Actualmente (2020) 20 áreas de trabajo geotérmico existente se superponen total o parcialmente con los límites de las reservas naturales o de vida silvestre. Actualmente no hay formas legales de eximir la exploración y explotación de los recursos geotérmicos en estas áreas sin cambiar el estado de conservación de las áreas reservadas.

Dentro de esta investigación el Banco Mundial establece una serie de recomendaciones para poder mitigar impactos ambientales, sin perder de vista el beneficio económico para inversores y funcionalidad de las instalaciones. Dentro de estas recomendaciones se encuentran las siguientes:

- El Ministerio de Energía y Recursos Minerales, Ministerio de Medio Ambiente y Silvicultura deberían acordar desarrollar regulaciones que minimicen el ancho de las carreteras, la limpieza alrededor de ellas e incluir requisitos para la instalación de alcantarillas y pasos elevados de cruce de fauna (por ejemplo, puentes arbóreos), así como bases de carreteras de alta calidad o

carreteras asfaltadas con buen drenaje que requieren menos apertura del bosque.

- Para reducir los impactos sociales y ambientales, las inversiones en exploración deben enfocarse preferiblemente en la capacidad geotérmica significativa en tierras no forestales. Sin embargo, estos recursos son de entalpía media y es probable que estén poblados y en áreas agrícolas, presentando así riesgos sociales más altos.
- Se debe evitar el desarrollo de proyectos de Energía Geotérmica en áreas de conservación de alto riesgo, como las zonas centrales de los Parques Nacionales.
- Los objetivos de reforestación deberían centrarse idealmente en partes deforestadas del área de conservación en la que se encuentra el proyecto.

Estas recomendaciones orientan el desarrollo de esta tecnología de una manera productiva y responsable tanto con la sociedad como con el medio ambiente.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Discusión de Resultados sobre Energía Solar Fotovoltaica

Estados Unidos de América, no cuenta con un marco regulatorio específico aplicable a la Energía Solar Fotovoltaica, la regulación energética y ambiental se da mediante instituciones federales que han desarrollado regulaciones ambientales generales, cuentan con programas informativos para concientizar y divulgar a la población sobre temas ambientales relacionados al desarrollo de esta energía.

El desarrollo de esta Energía Renovable para la generación de electricidad se ha impulsado principalmente por el marco regulatorio aplicable al sector económico, es

con los incentivos financieros mencionados anteriormente, que se invita a los inversionistas a desarrollar proyectos de Energía Solar Fotovoltaica, buscando una diversificación energética que resulte menos dañina para el ambiente.

Estados Unidos de América ha tenido un desarrollo de recursos legislativos y normativos integral, abarcando factores económicos, ambientales y sociales. Ha logrado posicionarse en el segundo lugar a nivel mundial en capacidad de producción de Energía Solar Fotovoltaica.

La República popular de China, tiene un enfoque totalmente político-económico dirigido a la Energía Solar Fotovoltaica, cuenta con inversiones gubernamentales dirigidas específicamente a esta tecnología y aunado a su capacidad de producción de celdas o módulos fotovoltaicos, han logrado volver más asequible el desarrollo de este tipo de proyectos. Cuentan con programas de monitoreo de crecimiento y metas establecidas para alcanzar una diversificación energética que contribuya a la reducción de emisiones.

Al considerar que es una energía renovable con impactos mínimos en el ambiente, no se ha desarrollado un marco regulatorio ambiental específico, y se basa en un marco regulatorio ambiental general, regulado por departamentos energéticos y del medio ambiente.

La República popular de China ha tenido un desarrollo de recursos legislativos y programas que incentivan principalmente el desarrollo de proyectos, y dejan en segundo plano el desarrollo de programas que destaquen la sustentabilidad y compromiso con el ambiente, es así como ha logrado posicionarse en el primer lugar en capacidad de generación a nivel Mundial.

México cuenta con regulaciones generales que atienden factores como la deforestación, evaluación y conservación del estado base ambiental, sin embargo, no son específicas para proyectos energéticos y mucho menos de parques o

estaciones fotovoltaicas, por lo que la especificidad del riesgo e impacto ambiental solo es declarada bajo las evaluaciones de riesgo que se presentan en cada propuesta de proyecto.

México cuenta con objetivos establecidos para cumplir con un crecimiento en la participación de las energías renovables en los siguientes años, consecuentemente se considera el desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica. Se han estudiado las zonas en las que más se podría aprovechar este recurso y se incentiva mediante recursos fiscales y económicos el uso y desarrollo de esta tecnología.

Durante la etapa de operación, los impactos ambientales detectados para la Energía Solar Fotovoltaica en la producción de electricidad son menores en comparación a las energías fósiles, las investigaciones revisadas han demostrado que son generados en su mayoría durante las etapas de construcción y abandono emisiones y residuos. Si no se cuentan con medidas de mitigación y monitoreos constantes, se puede ocasionar un daño permanente en el ambiente, conforme estos parques fotovoltaicos se desarrollen y abarquen más superficie, será más notorio el deterioro ambiental.

Tabla 21. Comparación de marco regulatorio Ambiental para la Energía Solar Fotovoltaica.

Recurso regulatorio aplicable	México	Estados Unidos de América	República Popular de China
Regulación ambiental general	*	*	*
Regulación ambiental en Agua	*	*	*
Regulación ambiental en Suelo	*	*	*
Regulación ambiental en Aire	*	*	*
Regulación en biodiversidad	*	*	*
Regulación en Residuos	*	*	*

Recurso regulatorio aplicable	México	Estados Unidos de América	República Popular de China
Regulación mediante evaluaciones de impacto ambiental	*	*	*
Regulación específica en Energía Solar Fotovoltaica			
Incentivos Fiscales/Económicos	*	*	*

La regulación ambiental específicamente para la Energía Solar Fotovoltaica no se ha desarrollado en ninguno de los países revisados. Esto principalmente a que consideran que no es comparable el impacto ambiental que se genera durante la operación de las instalaciones, con el de las energías convencionales, por lo cual la atención no está dirigida en los impactos ambientales que se generan. Los tres países revisados cuentan con el mismo marco regulatorio ambiental aplicable, por lo que este no es un factor que influya actualmente en el crecimiento de esta Energía Renovable.

6.2 Discusión de Resultados sobre Energía Geotérmica

Estados Unidos de América ha desarrollado un marco regulatorio que promueve el desarrollo de esta industria mediante incentivos económicos y regulaciones para administrar el desarrollo de proyectos, pero también ha sumado esfuerzos en todos sus niveles de gobierno para desarrollar un marco regulatorio sobre la protección al medio ambiente con el objetivo de minimizar los impactos que se generan el entorno. Es a través de la EPA que han desarrollado diversas guías informativas para crear una consciencia ambiental en usuarios y desarrolladores.

La industria de la Energía Geotérmica se ha desarrollado desde hace varios años en este país, razón por la que ocupan el primer lugar a nivel mundial en generación de energía. Y es con apoyo de otras instituciones gubernamentales como lo es la

BLM que han administrado y supervisado los impactos que esta actividad puede generar en el ambiente.

California, el estado con mayor producción de energía eléctrica a través de recursos geotérmicos, ha desarrollado estatutos ambientales que buscan desarrollar de una manera sustentable esta industria; un claro ejemplo de que más allá del enfoque económico, se busca desarrollar un marco regulatorio ambiental que contemple la prevención, mitigación y remediación del ambiente en todas sus categorías: Agua, Suelo, Aire, Biodiversidad y Residuos.

La República de Indonesia, ha logrado potenciar el aprovechamiento de este recurso energético en los últimos años, pero al mismo tiempo vive complicaciones ambientales, un claro ejemplo de que lograr el desarrollo de energías renovables no necesariamente está relacionado con objetivos sustentables, pues si bien dirigen esfuerzos en una energía renovable, la desarrollan a costa de amplias regiones que deberían ser conservadas y que han cambiado su categorización de reservas naturales con el fin de poder operar en ellas proyectos de plantas geotérmicas. A pesar de esto diversas organizaciones han sumado esfuerzos por crear una conciencia ambiental, realizando investigaciones relacionadas a los impactos que las plantas geotérmicas pueden generar, con el objetivo de generar guías más robustas que permitan a los desarrolladores de proyectos y el gobierno cumplir de una manera más responsable el desarrollo de sus actividades.

México ha sabido aprovechar sus recursos geotérmicos, ocupando el 6to lugar mundial en generación de energía de este tipo. México cuenta con la Ley de Energía Geotérmica, sin embargo, esta no abarca temas ambientales, está dedicada a la gestión de proyectos y la emisión de permisos necesarios para su desarrollo. En materia ambiental específica a este tipo de energía, cuenta con la NOM-150-SEMARNAT-2017, la cual busca prevenir el deterioro ambiental que puede ocasionarse por las actividades operativas más comunes de los pozos geotérmicos. Las regulaciones generales atienden factores como la deforestación, conservación

del estado base y biodiversidad, emisión de ruido, cuidado de recursos hídricos, límites máximos permisibles para emisión de gases contaminantes, residuos generados durante cualquier etapa de un proyecto de esta índole y la protección de mantos acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua. Además, se apoya de incentivos fiscales para promover el desarrollo de esta industria en la búsqueda de una diversificación energética. Así mismo se obliga a la emisión de una evaluación de riesgo con un apartado ambiental a los responsables de este tipo de proyectos.

México cuenta con potencial para el desarrollo de esta industria, sin embargo, es necesario revisar la viabilidad de desarrollo en las zonas destacadas en la Figura 17 para poder determinar qué áreas si son aptas para el desarrollo de este tipo de proyectos. Asumiendo un compromiso social, ambiental y sustentable, estos proyectos deberían ser desarrollados en zonas donde los impactos a estos sectores sean mínimos.

Tabla 22. Comparación de marco regulatorio Ambiental para la Energía Geotérmica.

Recurso regulatorio aplicable	México	Estados Unidos de América	República de Indonesia
Regulación ambiental general	*	*	*
Regulación ambiental en Agua	*	*	*
Regulación ambiental en Suelo	*	*	*
Regulación ambiental en Aire	*	*	*
Regulación en biodiversidad	*	*	*
Regulación en Residuos	*	*	*
Regulación mediante evaluaciones de impacto ambiental	*	*	*

Recurso regulatorio aplicable	México	Estados Unidos de América	República de Indonesia
Regulación específica en Energía Geotérmica	*	*	*
Incentivos Fiscales/Económicos	*	*	*

El marco regulatorio aplicable a la Energía Geotérmica en los tres países se compone de los mismos instrumentos, y los tres países se encuentran dentro de los primeros 10 lugares en capacidad de generación a nivel mundial, Estados Unidos de América y México han trabajado durante años en el aprovechamiento de sus recursos geotérmicos , buscando desarrollar un entorno sustentable para el aprovechamiento de este recurso renovable, enfocándose en factores económicos, sociales y ambientales, sin embargo, la Republica de Indonesia ha escalado en los últimos años posiciones para colocarse en los primeros lugares de generación a nivel mundial pero ha apostado por el desarrollo acelerado de proyectos y el beneficio económico sin importar el coste medioambiental que esto represente.

7. CONCLUSIONES

7.1 Generales

México cuenta con un marco regulatorio general ambiental aplicable a todas las tecnologías para generar energía eléctrica de fuentes No Renovables y Renovables, consecuentemente son aplicables a la Energía Geotérmica y Energía Solar Fotovoltaica.

El monitoreo a nivel mundial del desarrollo de las Energías Renovables es un buen indicador para conocer cómo evoluciona y se diversifica el entorno energético, conocer los principales productores del planeta y poder prestar atención en las políticas, procesos y estrategias que han adoptado para poder potenciar el uso de estos recursos.

El hecho de que las energías renovables sean “amigables con el ambiente” no significa que se tiene un impacto nulo en el entorno cuando estas son aprovechadas; como se revisó en la presente investigación, incluso las energías renovables tienen un impacto sobre el ambiente, si bien durante su operación se tienen pocos impactos en comparación con los procesos relacionados a obtener energía de combustibles fósiles; se ha demostrado que las diversas etapas de estos proyectos de Energía Renovable pueden impactar de forma considerable al medio ambiente, si estos impactos no son identificados, evaluados y mitigados correctamente. Y pueden ocasionar cambios considerables en suelo, agua, aire, biodiversidad, ya sea en corto, mediano o largo plazo, dependiendo del nivel de irresponsabilidad y sobreexplotación al que sea expuesto el entorno.

Con base en el marco regulatorio revisado en cada país y cada Energía Renovable, es notable que la problemática ambiental y la conservación del medio ambiente no está siendo el principal motivo para estimular el desarrollo de la Energía Geotérmica y Solar Fotovoltaica, los países líderes actualmente en capacidad de generación han desarrollado inicialmente instrumentos regulatorios que les permiten una diversificación energética que promueve la capacidad de instalación y generación, para posteriormente con una regulación de proyectos definida, iniciar la promoción del desarrollo sustentable, mediante ordenamientos generales en materia de Agua, Suelo, Aire, Biodiversidad y Residuos; en ocasiones se formulan diversas normas y reglamentos específicos, en este caso solo encontrados para la Energía Geotérmica.

El desarrollo de un marco regulatorio ambiental aplicable a las energías renovables no es un factor que influya en el crecimiento de la capacidad de producción de estas, forman parte de una diversificación energética que busca volver más competitivo el entorno económico y se presentan como una alternativa que no contribuye al calentamiento global, sin embargo, en un futuro donde cuenten con más participación en el consumo y generación de energía, consecuentemente los sitios donde se produzca esta energía, generarán mayor cantidad de residuos, emisiones

y el posible impacto a la biodiversidad, características de suelo y agua serán más evidentes. Por lo que para desarrollar de manera sustentable las energías Renovables, resulta necesario crear instrumentos regulatorios específicos para cada energía renovable conforme vaya tomando relevancia su desarrollo y uso, como lo es la NOM-150-SEMARNAT-2017, la cual se enfoca en la preservación de biodiversidad, características de suelo, agua y aire, durante los procesos relacionados a la generación de Energía Geotérmica.

7.2 Particulares

- El gobierno mexicano ha creado diversos organismos gubernamentales que brindan soporte en la búsqueda de un desarrollo energético sustentable, estos organismos trabajan en conjunto para vigilar el cumplimiento al marco regulatorio aplicable las energías renovables y crean programas que promueven la conservación ambiental y el desarrollo de estas tecnologías. Se identificaron seis instituciones con enfoque energético y ocho instituciones con enfoque ambiental.
- La Energía Geotérmica ha formado parte de la diversificación energética del país desde 1959 cuando se instaló la primer planta experimental de generación de electricidad, mientras que la Energía Solar Fotovoltaica ha destacado en los últimos años como una de las nuevas tecnologías renovables, esto nos habla de una brecha generacional entre estas dos tecnologías, lo cual se refleja no solo en la capacidad de generación actual para cada tipo de energía, si no en el marco regulatorio que se ha desarrollado para cada una de ellas.

La Energía Geotérmica cuenta con regulaciones de aplicabilidad específica, mientras que Energía Solar fotovoltaica no, sin embargo, este marco regulatorio específico tiene un enfoque más desarrollado hacia la gestión de proyectos que hacia el desarrollo sustentable. Por lo que el desarrollo

sustentable se ve reflejado solo en leyes y normas de aplicabilidad general, estos instrumentos de la política ambiental, si bien son generales abarcan los principales factores ambientales: Agua, Suelo, Aire y Biodiversidad, y mediante instrumentos como la MIA se complementa la regulación ambiental para crear un marco regulatorio que contempla la prevención, mitigación y remediación del ambiental en México.

- El marco regulatorio aplicable a este tipo de energías se desarrolla por etapas; inicialmente enfocado en el sector económico y de proyectos, con apoyos económicos y fiscales se busca estimular el desarrollo de infraestructura. Posteriormente se establecen lineamientos relacionados al otorgamiento de permisos y planeación de dichos proyectos, para establecer el alcance y evaluación de desempeño, y finalmente se establece el compromiso con el desarrollo sustentable, con base en los ordenamientos generales aplicables en materia de Agua, Suelo, Aire, Residuos y Biodiversidad.

Este proceso de desarrollo regulatorio expone como principal motivo para el desarrollo de nuevas tecnologías el interés por la diversificación energética en busca de nuevas opciones competitivas económicamente. El desarrollo sustentable no es el principal estímulo para el desarrollo de estas nuevas tecnologías, ya que, para las dos energías revisadas, solo la Energía Geotérmica en México cuenta con regulaciones específicas que abordan la preservación ambiental. Si bien con el uso de estas nuevas tecnologías se disminuye durante la operación las emisiones y residuos generados, durante la construcción y abandono de estas instalaciones pueden ocasionarse importantes impactos al ambiente si las actividades no son gestionadas correctamente. Con la construcción de más instalaciones geotérmicas y solares los impactos ambientales presentados anteriormente podrían volverse más evidentes exponiendo las deficiencias que pudiera presentar el marco regulatorio ambiental actual aplicable.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, C., (2009). Biocombustibles: Desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. *Universidad Nacional Autónoma de México. Economía Informa* .359. 63 – 89.

Álvarez, E., (2018). *Análisis de Impacto ambiental Potencial para el proyecto de perforación de pozos exploratorios en la zona Geotérmica del Volcán Cerboruco*. Tesis que para optar por el grado de Maestría en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica.

Ármansson, H., (2003). CO₂ emission from geothermal plants. *International Geothermal Conference*, 103. 56-62.

ASOLMEX, (2019). Asociación Mexicana de Energía Solar *Centrales solares en Operación Comercial*. Recuperado el 11 de marzo de 2020 de: <https://www.asolmex.org/es/centrales>

Barbier, E., (2002). Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 1-2, 3-65.

Blanco, M., (2015). Relación entre energía, medio ambiente y desarrollo económico a partir del análisis jurídico de las energías renovables en Colombia. *Saber, Ciencia y Libertad*, 10, 1, ISSN: 1794-7154.

BLM, (2018). Bureau of Land Management. *Geothermal Energy*. Recuperado el 01 de diciembre de 2020 de : <https://www.blm.gov/programs/energy-and-minerals/renewable-energy/geothermal-energy>

BP, (2019). British Petroleum. *Statistical Review of World Energy 2019*. 68th Edition.

BP, (2020). British Petroleum *Statistical Review of World Energy 2020*. 69th Edition.

Burrows, R., Wolf, J., Walkington A., (2009). Environmental impacts of tidal power schemes. *Maritime Engineering*, 162, 165-177. DOI: 10.1680/maen.2009.162.4.165.

California Department of Conservation, (2020). *Geologic Energy Management Statutes & Regulations*. Recuperado el 22 noviembre de 2020 de : https://www.conservation.ca.gov/calgem/geothermal/Pages/law_regulations.aspx

California Department of conservation, (2019). *Geothermal Resources*. Recuperado el 18 junio de 2020 de: <https://www.conservation.ca.gov/calgem/geothermal>

Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica, *REDVET*, 17, 6, E-ISSN 1965-7504, 2.

Carsola, L. y Freier, A., (2018). El nexo entre cambio climático y energía renovable en el Mercosur. Un análisis comparativo de las legislaciones de Argentina y Brasil, *Revista Derecho del Estado*, 40, 153-179. DOI:<https://doi.org/10.18601/01229893.n40.07>.

Castellanos, H., (2018). *Temperatura de operación de una celda solar fotovoltaica*. Tesis que para obtener Título de Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

Castello, R., (2003). Impacto medioambiental de los combustibles, su estudio y el papel de los biocombustibles. *Canales de mecánica y electricidad*, julio- agosto 2003, 33-40.

Castrejón, D., (2012). Reducción de emisiones de GEI en el sector eléctrico ¿Renovables o combustibles fósiles y energía Nuclear?. *Revista Digital Universitaria*, 13, 10, ISSN: 1607-6079.

CENACE, (2020). Centro Nacional de Control de Energía. *¿Qué hacemos?*. Recuperado el 01 de noviembre 2020 de: <https://www.gob.mx/cenace/que-hacemos>

Centro de Investigación Económica y Presupuestaria, (2020). *Cambio de reglas en la adquisición de certificados de energías limpias: consecuencias de la política eléctrica*. Recuperado el 25 de noviembre de 2020 de: <https://ciep.mx/cambio-de-reglas-en-la-adquisicion-de-certificados-de-energias-limpias-consecuencias-de-la-politica-electrica/>

Chong, I., (2007). *Métodos y técnicas de la investigación documental*. Investigación y Docencia en Bibliotecología. México, Facultad de Filosofía y Letras, Dirección General Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México.

CIMIE-Océano, (2018a). Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano. *Energía por gradientes térmicos*. Recuperado el 09 de agosto de 2020 de: <https://cemieoceanomx/energia-gradientes-termicos.html>

CIMIE-Océano, (2018b). Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano. *Energía por Gradientes Salinos*. Recuperado el 09 de agosto de 2020: <https://cemieoceanomx/energia-gradientes-salinos.html>

CeMIEGeo, (2019). Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica. *Geotermia en México*. Recuperado el 07 de junio de 2020 de: <http://www.cemiegeo.org/index.php/geotermia-en-mexico>

Cobeiro, P. y Jiménez, N., (2014). Aerogeneradores (I): funcionamiento y marco normativo de prevención de riesgos laborales. Notas técnicas de prevención *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, 1022, NIPO: 272-14-024-5.

CONAGUA, (2020). Comisión Nacional del Agua. *¿Qué hacemos?*. Recuperado el 01 de noviembre de 2020 de : <https://www.gob.mx/conagua/que-hacemos>

CONAFOR, (2020). Comisión Nacional Forestal. *¿Qué hacemos?*. Recuperado el 29 de noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/conafor/que-hacemos>

CONANP, (2020). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. *¿Qué hacemos?*. Recuperado el 01 de noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/conanp/que-hacemos>

CFE, (2020). *Comisión Federal de Electricidad. Misión y Visión*. Recuperado el 29 de noviembre de 2020 de: <https://www.cfe.mx/inversionistas/InformacionAdministrativa/Pages/MisionVision.aspx#:~:text=%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B,del%20medio%20ambie%E2%80%8Bnte>.

CONUEE, (2020). Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. *¿Qué hacemos?*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/conuee/que-hacemos#:~:text=La%20Comisi%C3%B3n%20Nacional%20para%20el,2008%2C%20y%20tiene%20como%20objetivo>

Consejo de Seguridad Nuclear, (2021). *Fisión Nuclear*. Recuperado el 11 de enero de 2021 de: <https://www.csn.es/fision-nuclear>

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (2020). Última Reforma Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 05 de septiembre de 2020. México.

CRE, (2020). Comisión Reguladora de Energía. *¿Qué hacemos?*. Recuperado el 01 de noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/cre/que-hacemos>.

Cunningham, R., (2003). La energía, Historia de sus fuentes y transformación. *Petrotecnia*. Agosto 2003, 53-60.

Dhar, A., Naeth, M., Jennings, P., El-Din, M. (2020). Perspectives on environmental impacts and a land reclamation strategy for solar and wind energy systems. *Science of the total environment*. 718, 134602. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134602

Dos Santos, A., Medeiros, B., Ferreira, J.L., Simon, F., Oliverira, L. y Costa, R.C., (2020). Palm distribution patterns in the southwestern Brazilian Amazon: Impact of a large hydroelectric dam. *Forest Ecology and Management*, 463,118032. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118032

EIA., (2019). United States Environmental Protection Agency. *Geothermal explained, Geothermal power plants*. Recuperado el 27 de mayo de 2020 de: <https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/geothermal-power-plants.php>

EPA, (2016). United States Environmental Protection Agency. *Geothermal Heating and Cooling Technologies*. Recuperado el 22 de noviembre de 2020 de: <https://www.epa.gov/rhc/geothermal-heating-and-cooling-technologies>

EPA, (2017a). United States Environmental Protection Agency. *National Ambient Air Quality Standards NAQSS Table*. Recuperado el 30 noviembre de 2020 de: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

EPA, (2017b). United States Environmental Protection Agency. *National Maps of Geothermal Potential*. Recuperado el 22 noviembre de 2020 de: https://19january2017snapshot.epa.gov/re-powering/national-maps-geothermal-potential_.html

EPA, (2019). United States Environmental Protection Agency. *State Renewable Energy Resources*. Recuperado el 04 de diciembre de 2020 de : <https://www.epa.gov/statelocalenergy/state-renewable-energy-resources>

EPA, (2020). United States Environmental Protection Agency. *Our mission and what we do*. Recuperado el 11 de noviembre 2020 de: <https://www.epa.gov/aboutepa/our-mission-and-what-we-do>

Elizondo, A., Vanessa, Pérez V., Strapasson, A., Fernández, J., Cano, D., (2017). Mexico's low carbon futures: An integrated assessment for energy planning and climate change mitigation by 2050. *Futures*, 93, 14–26. DOI: 10.1016/j.futures.2017.08.003

Encalada, G., (2019). *Producción del Parque Eólico Dzilan Bravo Estrategias para lograr el control y explotación de un espacio*. Tesis de Licenciatura. El Colegio de Michoacán, A.C. Centro de estudios en geografía Humana.

Energy Policy Act, (2005). United States of America, *Public Law 109-58-AUG.8, 2005*. Recuperado el 30 de noviembre de 2020 de: <https://www.congress.gov/109/plaws/publ58/PLAW-109publ58.pdf>

Espín, S. y German, C., (2018). *Estudio de Factibilidad para la repotenciación de la minicentral hidroeléctrica de 2MW de la empresa UCEM -CEM Planta Chimborazo*. Escuela Superior Técnica de Chimbamborazo. Recuperado el 29 de noviembre de: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/4997/1/20T00733.pdf>

Fan, K. y Nam, S., (2018). Accelerating Geothermal Development in Indonesia: A Case Study in the Underutilization of Geothermal Energy. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*. 19. DOI: 10.7916/consilience.v0i19.3895.

FAO, (2011). Food and Agriculture Organization. *Manual de Biogas*. Recuperado el 09 de agosto de 2020 de: <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

FAO, (2020). Food and Agriculture Organization. *Energía: ¿Que es energía sostenible?*. Recuperado el 09 agosto 2020 de: <http://www.fao.org/energy/bioenergy/es/>

Fisher, J. y Lindenmayer, D. (2000). An assessment of the published results of animal relocations. *Biological Conservation*, 96, 1-11.

Gerungan, A. y Titus, R., (2020). International Comparative Legal Guides. *Indonesia: Environment & Climate Change Law 2020*. Recuperado el 27 junio 2020 de : <https://iclg.com/practice-areas/environment-and-climate-change-laws-and-regulations/indonesia>

GIZ, (2018). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. *Nuevas oportunidades de inversión: El auge del sector solar en México, contexto perspectivas y tendencia*. 2018.

Gobierno de México – SEMARNAT, (2020). *Ordenamientos Ecológicos Expedidos*. Recuperado el 25 de agosto de 2020 de: <http://www.semarnat.gob.mx/gobmx/ordenamiento.html>

Granda, B., Zhu, L., Holtzaple, T., (2007). Sustainable liquid biofuels and their environmental impact. *Wiley InterScience*. 26, 3, 233-250. DOI 10.1002/ep.10209

González, S., (2009). *Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles*. Recuperado el 08 de octubre de 2020 de: <https://www.ineel.mx/boletin042009/divulga.pdf>

Hasan, M. y Wahjosoedibjo, A., (2018). Indonesia's Geothermal Development: Where is it Going?. *PROCEEDINGS*, 43rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, February 12-14, 201.

Heng, Y., Chao Lin, L., Luqing, Y., Zhifeng, G., (2019). The heterogeneous preferences for solar energy policies among US households. *Energy Policy*, 137,111187. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.111187.

Hernández, D., (2019). *Análisis de ciclo de vida de una planta geotérmica en México*. Tesis que para optar por el grado de Maestro en Ingeniería, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ingeniería en Energía – Energía y Medio Ambiente.

Iberdrola, (2016). *Central Hidroeléctrica de bombeo*. Recuperado el 29 de noviembre de 2020 de: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/central-hidroelectrica-bombeo>

Iberdrola, (2007). *Estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica San Pedro II, provincia de Ourense*. Recuperado el 11 de agosto de 2020 de: https://www.eib.org/attachments/pipeline/20090168_eia_es.pdf

Iberglobal, (2018). Elaborado por la oficina económica y comercial de España en Yakarta. *Guía de Países: Indonesia*. 4-9. Recuperado el 27 de junio de 2020 de: http://www.berglobal.com/files/2019-1/indonesia_gp.pdf

IDAE, (2011). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Evaluación del potencial de energía solar termoeléctrica. Madrid, España.

IEA, (2020). *China 13th Renewable Energy Development Five Year Plan (2016-2020)*. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: <https://www.iea.org/policies/6277-china-13th-renewable-energy-development-five-year-plan-2016-2020?page=4§or=Multi-sector>

IMP, (2019). Instituto Mexicano del Petróleo. *Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional, Refinería Dos Bocas*. Recuperado el 25 octubre 2020 de:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/474074/RESUMEN__11-06-2019_.pdf

IMTA, (2020). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. *¿Qué hacemos?* Recuperado el 01 de noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/imta/que-hacemos#:~:text=El%20Instituto%20Mexicano%20de%20Tecnolog%C3%ADa,recurso%20y%20asignarlo%20de%20manera>

Indonesia House of Representative, (1999). *Government Regulation of the Republic of Indonesia (No. 18 of 1999) on Waste Management of hazardous and toxic materials*. Indonesia.

Indonesia House of Representative, (2009). *Environmental Protection and Management*. Indonesia.

Indonesia House of Representative, (2014). *Law No. 37 of the Republic of Indonesia concerning Soil and Water Conservation*. Indonesia.

Indonesia House of Representative, (2014b). *Law No.21. New Geotjermal Law of the Republic of Indonesia*. Indonesia.

Indonesia House of Representative, (2019). *Law No. 17 of 2019 on Water Resources*. Indonesia.

INECC, (2018a). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero*. Recuperado el 03 agosto de 2019 de: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

INECC, (2018b). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. INECC reitera su compromiso ante el Acuerdo de París con rutas de mitigación al cambio climático. Recuperado el 03 agosto 2019 de : <https://www.gob.mx/inecc/prensa/inecc-reitera-su-compromiso-ante-el-acuerdo-de-paris-con-rutas-de-mitigacion-al-cambio-climatico>

INECC, (2020). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. *¿Qué hacemos?* Recuperado el 01 de noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/inecc/que-hacemos>

INEEL, (2020). Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. *¿Qué hacemos?*. Recuperado el 29 de noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/ineel/que-hacemos>

INEL, (2017). Inventario Nacional de Energías Limpias. *SENER Gobierno de México*, Recuperado el 29 de noviembre de 2020 de: <https://dgel.energia.gob.mx/inel/mapa.html?lang=es>

IRENA, (2019). International Renewable Energy Agency. *Personas, Planeta y Prosperidad. Impulsando la ambición Climática a través de las renovables*. Julio 2019.

Kelkar, N., (2015). The energy story: fossil to nuclear power. *Revista de Física Departamento de Física, Universidad de los Andes*, 50, 58 – 60.

LEG, (2014). *Ley de Energía Geotérmica*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación 11 de agosto de 2014. México.

Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo, (2017). H. Congreso del Estado de Michoacán. Última reforma publica en el Periódico Oficial del Estado, el 25 de enero de 2017. México.

Ley de Aguas Nacionales, (2020). H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última Reforma Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de enero de 2020. México.

Ley de Cambio Climático del estado de Chihuahua, (2017). H. Congreso del Estado. Secretaria de Asuntos Legislativos Biblioteca Legislativa “Carlos Montemayor Aceves”. Última Reforma Publicada el 22 de febrero de 2017. México.

Ley de Cambio Climático del Estado de Michoacán de Ocampo, (2017). H. Congreso del Estado de Michoacán. Última reforma publica en el Periódico Oficial del Estado, el 07 de noviembre de 2019. México.

Ley de Cambio Climático del Estado de Puebla, (2020). Secretaria de Gobernación. Gobierno de Puebla. Última Reforma 06 diciembre de 2020. México.

Ley de Cambio Climático del Estado Sonora, (2017). H. Congreso del Estado de Sonora, Comisión del Medio Ambiente. Última reforma Publicada 13 diciembre de 2018. México.

Ley de Energías Renovables para el Estado de Baja California (2015). H. Congreso del Estado de Baja California. Última Reforma publicada en el Periódico Oficial No. 15 Secc II, 22 Marzo 2015. México.

Ley de Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente del Estado de Chihuahua, (2018). H. Congreso del Estado. Secretaria de Asuntos Legislativos Biblioteca Legislativa “Carlos Montemayor Aceves”. Publicada el 12 de mayo de 2018. México.

Ley de fomento de energías renovables y ahorro de energía del estado de Sonora, (2018). H. Congreso del Estado de Sonora, Comisión del Medio Ambiente. Última reforma Publicada 23 febrero de 2018. México.

Ley de Prevención, Mitigación y Adaptación del Cambio Climático para el Estado de Baja California, (2018). H. Congreso del Estado de Baja California. Ultima Reforma Publicada en el Periódico oficial No. 55 Secc.III, 30 noviembre 2018. México.

Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California, (2019). H. Congreso del Estado de Baja California. Última Reforma publicada en el Periódico Oficial No. 10 Secc III, 22 febrero 2019. México.

Ley de responsabilidad ambiental para el estado de Michoacán de Ocampo, (2019). H. Congreso del Estado de Michoacán. Ultima reforma publica en el Periódico Oficial del Estado, el 28 de agosto de 2019. México.

Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Sonora, (2018). H. Congreso del Estado de Sonora, Comisión del Medio Ambiente. Última reforma Publicada 06 diciembre de 2018. México.

Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Coahuila, (2020). Congreso del Estado Independiente, libre y soberano de Coahuila de Zaragoza. Última reforma publicada el 24 de julio de 2020. México.

Ley No. 30, (2009). *Law of the Republic of Indonesia number 30 of 2009. Concerning Electricity*. Indonesia.

Ley para el fomento, aprovechamiento y desarrollo de eficiencia energética y de energías renovables del estado de Chihuahua, (2017). H. Congreso del Estado. Secretaria de Asuntos Legislativos Biblioteca Legislativa “Carlos Montemayor Aceves”. Última Reforma Publicada el 20 de enero de 2017. México.

Ley para la Adaptación y Mitigación a los Efectos del Cambio Climático en el Estado de Coahuila de Zaragoza, (2020). Congreso del Estado Independiente, libre y

soberano de Coahuila de Zaragoza. Última reforma publicada el 12 de mayo de 2020. México.

Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla, (2020). Secretaria de Gobernación. Gobierno de Puebla. Última Reforma 24 Julio 2020. México.

Ley Sobre Geotermia, (2014). *Law of the Republic of Indonesia number 21 of 2014. Concerning Geothermia*. Indonesia.

LGCC, (2018). *Ley General de Cambio Climático*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 13 de julio de 2018. México.

LGDSF, (2020). *Ley de Desarrollo Forestal Sustentable*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 13 de abril de 2020. México.

LGEEPA, (2018). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 05 de julio de 2018. México.

LGPGIR, (2018). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 19 de enero de 2018. México.

LIE, (2014). *Ley de la Industria Eléctrica*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última Reforma Publicada en el Diario Oficial de la Federación 06 de Noviembre de 2020. México.

LISR, (2019). *Ley del Impuesto Sobre la Renta*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última Reforma Publicada en el Diario Oficial de la Federación 12 de septiembre de 2019. México.

LORCME, (2014). *Ley de Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 11 de agosto de 2014. México.

LTE, (2015). *Ley de Transición Energética*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 2015. México.

MEE, (1989). Ministry of Ecology and Environment. *Environmental Protection Law of the People's Republic of China*. República Popular de China.

MEE, (1996). Ministry of Ecology and Environment. *Law of the People's Republic of China on Prevention and Control of Pollution from Environmental Noise*. República Popular de China.

MEE, (2017a). Ministry of Ecology and Environment. *Law on the Prevention and Control of Water Pollution*. República Popular de China.

MEE, (2017b). Ministry of Ecology and Environment. *Guiding Rules for Identifying Solid Wastes*. República Popular de China.

MEE, (2019). Ministry of Ecology and Environment. *Law of the People's Republic of China on Prevention and Control of Soil Contamination*. República Popular de China.

MEE, (2020a). Ministry of Ecology and Environment. *Mandates*. Recuperado el 12 noviembre de 2020 de: http://english.mee.gov.cn/About_MEE/Mandates/

MEE, (2020b). *Department of Environmental Impact Assessment and Emission Management*. Recuperado el 24 Abril 2020 de: http://english.mee.gov.cn/About_MEE/Internal_Departments/200910/t20091015_162416.shtml

MEE, (2020c). *Department of Laws, Regulations, and Standards*. Recuperado el 24 Abril 2020 de: http://english.mee.gov.cn/About_MEE/Internal_Departments/200910/t20091015_162429.shtml

MOFCOM, (2013). Ministry of Commerce People's Republic of China. *Renewable Energy Law of the People's Republic of China*. República Popular China.

Mooney, H., Larigauderie, A., Cesario, M., Elmquist, T., Hoegh-Guldberg, O., Lavorel, S., Mace, G., Palmer, M., Scholes, R. y Yahara, T., (2009). Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability* , 1, 46–54. DOI: 10.1016/j.cosust.2009.07.006

Navarrete, K. (2018). *La energía solar fotovoltaica como alternativa de mitigación del cambio climático y sus impactos en el ambiente*. Tesis que para obtener el Título de Ingeniera Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

NEA, (2020). National Energy Administration. *Energy. Law of the People's Republic of China* (República Popular de China).

NEPA, (1982). *National Environmental Policy Act of 1969*. United States of America
Ultima modificación septiembre 13 de 1982. (Estados Unidos de América).

NOM-043-SEMARNAT-1993. Norma Oficial Mexicana. *Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993. México.

NOM-001-SEMARNAT-1996. Norma Oficial Mexicana. *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de enero de 1997. México.

NOM-002-SEMARNAT-1996. Norma Oficial Mexicana. *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 03 de junio de 1998. México.

NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana. *Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2002. México.

NOM-043-SEMARNAT-2020. Norma Oficial Mexicana. *Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993. México.

NOM-052-SEMARNAT-2005. Norma Oficial Mexicana. *Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 2006. México.

NOM-054-SEMARNAT-1993. Norma Oficial Mexicana. *Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-*

1993. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993. México.

NOM-059-SEMARNAT-2010. Norma Oficial Mexicana. *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010. México.

NOM-081-SEMARNAT-1994. Norma Oficial Mexicana. *Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 1995. México.

NOM-083-SEMARNAT-1996. Norma Oficial Mexicana. *Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de octubre de 2004. México.

NOM-138-SEMARNAT/SS-2012. Norma Oficial Mexicana. *Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de septiembre de 2013. México.

NOM-150-SEMARNAT-2017. Norma Oficial Mexicana. *Que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de noviembre de 2017. México.

NOM-161-SEMARNAT-2011. Norma Oficial Mexicana. *Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo*. Última modificación publicada en el Diario Oficial de la Federación el 05 de noviembre de 2014. México.

NPC, (1988). National People's Congress. *Forestry Law of the People's Republic of China*. República Popular de China.

NPC, (2000). National People's Congress. *Law on the Prevention and Control of Air Pollution*. República Popular de China.

NPC, (2004). National People's Congress. *Law on the Protection of Wildlife*. República Popular de China.

Organización de las Naciones Unidas, (1998). *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. Recuperado el 23 de agosto de 2020 de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Organización de las Naciones Unidas, (2015). *Acuerdo de París*. Recuperado el 29 de noviembre del 2020 de: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf

Oviedo, J.L., Badii, M.H., Guillen, A. y Lugo, O., (2015). Historia y uso de Energías Renovables. *International Journal of Good Conscience*, 10, 1-18. ISSN 1870-557X

Owen, S. y Segall, P., (1996). Subsidence at the geysers geothermal field: Results and simple models. *Twenty-Second Workshop on Geothermal Reservoir*. Engineering Stanford University, Stanford, California, January 27-29, 1997.

Pambudi, N., (2018). Geothermal power generation in Indonesia, a country within the ring of fire: Current status, future development and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2893–2901. DOI: 10.1016/j.rser.2017.06.096

Pascual, B. (2017). *Estudio de impacto ambiental de una planta solar fotovoltaica de 100KW en el término Municipal de losa del obispo, Valencia*. Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Pasqualino, J., Cabrera, C. y Chamorro, M. (2014). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. *Prospectiva*, 13, 1, 68-75. DOI: 10.15665/rp.v13i1.361

Paulillo, A., Cotton, L., Law, R., Striolo, A., Letteri, P., (2019). Geothermal energy in the UK: The life-cycle environmental impacts of electricity production from the United Downs Deep Geothermal Power project, *Journal of Cleaner Production*, 249, 119410. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119410

Peña, M., (2013). *Ventajas y Desventajas del Uso de la Energía Nuclear Centro de investigación en energía, Universidad Nacional Autónoma De México*. Recuperado

el 11 de agosto de 2020 de: <http://www.cie.unam.mx/~rbb/ERyS2013-1/nuclear/Maria-Fernanda-Pena-Rodriguez.pdf>

Plan Nacional de desarrollo, (2019). Cámara de Diputados. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Palacio Legislativo de San Lázaro México 30 abril de 2019, *Gaceta Parlamentaria*, 5266.

Planas, O., (2018). *Radionucleido*. Recuperado el 10 de octubre de 2020 de: <https://energia-nuclear.net/que-es-la-energia-nuclear/radioactividad/radionucleido>

Posada, G., Hernández, J., Chávez y V. Rodríguez, Y., (2019). CEMIE- Océano. El futuro de las energías marinas en México. Tópicos de agenda para la sostenibilidad de Costas y Mares Mexicanos, 255-271. DOI: 10.26359/epomex.0519

PROFEPA, (2019). Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. *¿Qué es la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)?*. Recuperado el 02 de noviembre 2020 de: <https://www.gob.mx/profepa/articulos/manifestacion-de-impacto-ambiental-mia>

PROFEPA, (2020). Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. *¿Qué hacemos?*. Recuperado el 01 de noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/profepa/que-hacemos>

Quemada, J. y Gonzáles E., (2011). El futuro de los combustibles fósiles. *Economía exterior: estudios de la revista Política Exterior sobre la internacionalización de la economía española*, 58, 133-144. ISSN: 1137-4772

Quintero, R. y Quintero, E., (2017). Sistemas de producción y potencial energético de la energía mareomotriz. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16, 1, 39-45. DOI: 10.19053/1900771X.4078

Quintero, R. y Quintero, E., (2015). Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente. *Gestión y Ambiente*, 18, 2, 128-134. ISSN 0124.177X. 121-133

Ramos, C., (2015). *Estudio de impacto ambiental del proyecto de obra del Parque Eólico de Losilla en Ayora*. Universidad Politécnica de Valencia. Titulación grado en ingeniería de obras públicas. Valencia España.

REDIPAL, (2012). Red de Investigadores Parlamentarios en Línea. *Congreso REDIPAL 2012. Que caracterizamos bajo la locución “Leyes generales: tratados internacionales de derechos humanos y estructura jerárquica del sistema jurídico mexicano”*. Recuperado el 18 de agosto de 2019 de: <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/redipal/CRV-V-19-12.pdf>

REDIPAL, (2015). Red de Investigadores Parlamentarios en Línea. *Configuración Normativa de las Leyes en el Marco Competencial de los órdenes jurídicos*. Recuperado el 25 de octubre de 2020 de: <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/redipal/CRV-VIII-14-%2015.pdf>

Reglamento de la LGEEPA, (2014). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 31 de octubre de 2014. México.

Reglamento de la LIE, (2014). *Reglamento de la Ley de la industria Eléctrica*. H. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 31 de octubre de 2014. México.

Regulación presidencial No.5, (2006). *Política de Energía Nacional*. Presidencia de la República de Indonesia. Indonesia.

REN21, (2019). Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Renewables 2019 Global Status Report*.

REN21, (2020). Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Renewables 2020 Global Status Report*.

Sandoval, E. (2018). Diseño de Obras Hidrotécnicas. Quito, Ecuador. Sandoval Erazo, Washington Ramiro. ISBN: 978-9942-30-945-7

Secretaría de Economía, (2016). *Competitividad y Normatividad/Normalización*. Recuperado el 27 de noviembre de 2020 de: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion>

SEMARNAT, (2007). *Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular: Proyecto Geotérmico Cerro Prieto V*. Recuperado el 04 de noviembre 2020 de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2007/02BC2007E0001.pdf>

SEMARNAT, (2018). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Impacto ambiental y tipos de Impacto ambiental*. Recuperado el 09 de agosto 2020 de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto->

SGM, (2017). *Servicio Geológico Mexicano Energía Nuclear*. Recuperado el 04 de agosto de 2019 de: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Energia-nuclear.html

Shoedarto, M., Aries, R., Irawan, D., Perdana, F., Arisbaya I y Indrawan, B., (2016) *Raising Public Acceptance of Geothermal Utilization Through Direct Application in Indonesia*. 41st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, February 22-24.

Solarxcala, (2018). *Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional para el Proyecto: Parque Solar Nueva Xcala*. Recuperado el 29 de noviembre de 2020 de: <https://www.solarxcala.com/pdf/manifestacion-xcala.pdf>

Sociedad Americana de Química, 2014. American Chemical Society. *How a solar cell Works*. Recuperado el 11 de enero de 2021 de : <https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2013-2014/how-a-solar-cell-works.html#:~:text=A%20solar%20cell%20is%20made,energy%20level%20than%20does%20silicon>.

Sun Fields Europe, (2011). *Boletín Solar Fotovoltaica Autónoma*. Recuperado el 09 agosto 2020 de: https://www.sfe-solar.com/wp-content/uploads/2011/08/Sunfields_Manual-Calculo_Fotovoltaica_Autonomas.pdf

Sun Supply, (2018). *Diferentes tipos de sistemas solares fotovoltaicos*. Recuperado el 09 agosto 2020 de: <http://www.sunsupplyco.com/tipos-de-sistemas-solares/>

Teffera, B., Assefa, B. y Assefa, G., (2020). Assessing the life cycle environmental impacts of hydroelectric generation in Ethiopia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 41. DOI: 10.1016/j.seta.2020.100795

U.S Department of the Interior, (2019). *Geothermal Energy Development, Opportunities and Challenges for Advancement of Geothermal Energy in the United States*. Recuperado el 16 junio de 2019 de : [https://www.doi.gov/ocl/geothermal-energy-development#:~:text=Until%20the%20passage%20of%20the,legally%20as%20a%20groundwater%20resource.&text=The%20BLM%20is%20required%20to,Environmental%20Policy%20Act%20\(NEPA\)](https://www.doi.gov/ocl/geothermal-energy-development#:~:text=Until%20the%20passage%20of%20the,legally%20as%20a%20groundwater%20resource.&text=The%20BLM%20is%20required%20to,Environmental%20Policy%20Act%20(NEPA)).

UKEssays, (2018). *Analysis of Global Electricity Generation*. Recuperado el 11 octubre de 2020 de: <https://www.ukessays.com/essays/geography/analysis-of-global-electricity-generation.php?vref=1>

Urban, F., Geall S. y Wang, Y. (2016). Solar PV and solar water heaters in China: Different pathways to low carbon energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64 ,531- 542. DOI: 10.1016/j.rser.2016.06.023

United States Code, (2005). *Geothermal Steam Act*. Capítulo 23. Estados Unidos de América.

United States Code, (1990). *Clean Air Act 1970*. Título 42, Capítulo 85. Estados Unidos de América.

United States Code, (2018). *Clean Water Act 1972*. Título 33. Estados Unidos de América.

United States Code, (1984). *The Resource Conservation and Recovery Act 1976*. Título 42. Estados Unidos de América.

United States Department of Agriculture, (1977). *Water Resources Conservation Act of 1977*. Estados Unidos de América.

UNAM, (2020). Universidad Nacional Autónoma de México. *Cambio Climático y efecto invernadero*. Recuperado el 28 de noviembre de: http://uapas1.bunam.unam.mx/ciencias/cambio_climatico_global_y_efecto_invernadero/#:~:text=Entonces%2C%20%BFqu%C3%A9%20tiene%20de%20malo,ni tr%C3%B3geno%20y%20azufre%2C%20entre%20otros.

U.S. Fish and Wildlife Service, (1973). *Endangered Species Act 1976*. Estados Unidos de América.

Universidad de Cantabria, (2012). *Centrales de generación eléctrica. Unidad 4: Centrales térmicas*. Recuperado el 10 de enero de 2021 de : <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1160/course/section/1407/bloque-energia-IV.pdf>

Wang, Y., Liu, Y. Dou, J., Li M. y Zeng, M., (2020). Geothermal energy in China: Status, challenges, and policy recommendations. *Utilities Policy*. 64, 101020. 1,2. DOI: 10.1016/j.jup.2020.101020

World Bank, (2019). *Rapid environmental and social assessment of geothermal development in conservation forest areas in Indonesia*. Agosto 2019. Indonesia.

Yagüe, F., (2010). *Impactos nucleares de las centrales nucleares*. Recuperado el 26 octubre de 2020 de: http://rinconeducativo.org/contenidoextra/jornadas2010/ponencias2010_francisco_yague.pdf

Yilmazi, E. y Kptan, A., (2017). Environmental impact of geothermal power plants in Aydın, Turkey. *E3S Web of Conferences*, 19, 02028, 1-7. DOI: 10.1051/e3sconf/20171902028

Zhu, L., Xu, Y. y Pan, Y., (2019). Enabled comparative advantage strategy in China's solar PV development. *Energy Policy*, 133, 110880. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.110880