



*Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.*



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

## **El Desarrollo Energético Sostenible en el Mundo y en México. El caso de la energía geotérmica**

Monserrat Santiago-Villeda<sup>1</sup>

Ingrid Yadibel Cuevas-Zúñiga\*

María Del Rocío Soto-Flores\*

### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo es comparar la forma en la que se utiliza la energía geotérmica en México respecto a tres países representativos: Estados Unidos, Islandia y Turquía rumbo al Desarrollo Energético Sostenible. Los resultados del estudio sugieren que los países comparados utilizan diferentes aplicaciones térmicas para la energía geotérmica con mayor frecuencia y abastecen energéticamente a mayor parte de su población con la producción de esta energía, además, de que su mercado energético integra al sector privado, en comparación con México donde las aplicaciones térmicas son las menos utilizadas y el mercado energético es liderado por el sector público. Por lo que como conclusión se tiene que es necesario fomentar el uso de esta alternativa energética en México, sobre todo de las aplicaciones térmicas las cuales son menos utilizadas, lo que coadyuvaría al desarrollo energético sostenible.

**Palabras clave:** Energía geotérmica, Desarrollo energético sostenible, México.

### **Abstract**

The objective of this work is to compare the way in which geothermal energy is used in Mexico with respect to three representative countries: the United States, Iceland and Turkey towards Sustainable Energy Development. The results of the study suggest that the compared countries use different thermal applications for geothermal energy more frequently and supply energy to most of their population with the production of this energy, in addition, that their energy market integrates the private sector, in comparison with Mexico where thermal applications are the least used and the energy market is led by the public sector. Therefore, as a conclusion, it is necessary to promote the use of this energy alternative in Mexico, especially thermal applications, which are less used, which would contribute to sustainable energy development.

---

<sup>1\*\*</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Santo Tomas.

**Keywords:** Geothermal energy, Sustainable energy development, Mexico.

## **Introducción**

La energía geotérmica se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y está relacionada con los volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres (SGM, 2017). Existen dos aplicaciones para esta energía, la primera es cuando la temperatura del yacimiento es mayor a 150°C y se utiliza para la generación de electricidad de forma convencional, la segunda aplicación es cuando la temperatura tiene un intervalo menor a 150°C y las aplicaciones son para generar usos térmicos o electricidad en centrales binarias (CEGA, 2016).

A nivel mundial, según el Informe sobre el estatus mundial de Energías Renovables la energía geotérmica representó el 0.4% de la producción de electricidad durante el 2018, junto con la energía marina y la energía solar concentrada (CPS por sus siglas en inglés). Lund y Boyd (2015) señalan que, respecto a la energía para usos térmicos, esta se ha producido por 83 países. Actualmente en México, se encuentran bajo explotación comercial cinco campos geotérmicos los cuales generan 932MW (CEMIGEO, 2020), por otro lado, las aplicaciones térmicas utilizadas son principalmente de uso recreativo (Iglesias & Torres, 2003), y según SENER (2018), estos usos térmicos se encuentran en investigación por parte del sector público.

Sin embargo, a pesar de que México fue un pionero en la generación comercial de electricidad por medio de la energía geotérmica y tiene el potencial para incrementar su generación, en los últimos años se ha estancado en su producción (Prol, 2013). Aunado a esto, se destaca que el desarrollo sostenible en el sector energético pretende suministrar energía a un costo accesible, universal y fiable, asegurando el servicio y respetando el medio ambiente (OEIA, 2008). Por lo que, el presente trabajo tiene como objetivo comparar la forma en la que se utiliza la energía geotérmica en México respecto a tres países representativos: Estados Unidos, Islandia y Turquía rumbo al Desarrollo Energético Sostenible. Los resultados del estudio sugieren que es necesario fomentar el uso de esta alternativa energética en México, sobre todo de las aplicaciones térmicas las cuales son menos utilizadas, lo que coadyuvaría al desarrollo energético sostenible.

## **Metodología**

Para efectos de esta investigación, se realizó un análisis a profundidad de la literatura especializada sobre energía geotérmica y desarrollo energético sostenible, para alcanzar los objetivos establecidos. Una revisión de la literatura ha demostrado ser un paso crucial en la estructuración del campo de una

investigación (Easterby-Smith, Thorpe, y Lowe, 2002) y tiene como objetivo ser la base firme para crear y avanzar en el conocimiento, facilitando el desarrollo de la teoría, para resolver problemas en diferentes áreas de investigación y descubrir aquellas que requieren investigación más detallada (Webster y Watson, 2002). La metodología de esta investigación es cualitativa, ya que ha sido utilizada con éxito en otros estudios similares sobre temas relacionados con el presente estudio, incluyendo energía geotérmica y desarrollo energético sostenible. El proceso que se llevó a cabo con la literatura que se encontró consta de los siguientes pasos: selección, revisión, comprensión, análisis, y síntesis. De acuerdo con lo establecido por Levy y Ellis (2006) este proceso garantiza una revisión estructurada y eficaz. Las referencias que se revisaron incluyen artículos de revistas científicas y libros paradigmáticos con impacto gerencial sobre el tema. Se excluyeron los libros de texto, documentos de trabajo inéditos, y noticias de periódico. Asimismo, la literatura se extrajo de revistas en las áreas de administración y ciencias sociales, sobre energía geotérmica y desarrollo energético sostenible principalmente de las bases de datos Web of Science, Taylor y Francis, Elsevier, Springer, EBSCO, entre otras, así como de páginas oficiales de internet del gobierno de México relacionadas con el tema de investigación.

La presente investigación compara la forma en la que se utiliza la energía geotérmica en México respecto a tres países representativos: Estados Unidos, Islandia y Turquía rumbo al Desarrollo Energético Sostenible, lo anterior con el objeto de analizar su producción y aplicaciones utilizadas en cada uno de estos países. De igual manera, para el diseño se eligieron tres países dentro de los diez más importantes para la generación de electricidad y usos térmicos, estos son Estados Unidos, Islandia y Turquía. Por lo que, se describió su competitividad en producción, abastecimiento de la población, campos geotérmicos y aplicaciones térmicas que utilizan. Posteriormente, se comparó los resultados obtenidos, con datos representativos de la República Mexicana.

### **La energía geotérmica**

La energía geotérmica es producida por una fuente renovable (ITC, 2008), que se encuentra almacenado bajo la superficie terrestre y está ligado a volcanes, aguas termales, y géiseres (Jarabo y Pérez, 1988; SGM, 2017). Los recursos de esta energía son (CEGA, 2016):

- Energía geotérmica de alta entalpia (mayores a 200°C): Se aprovechan principalmente para la generación de energía con tecnología convencional.
- Energía geotérmica de media entalpia (150 a 200°C): Sus principales aplicaciones son térmicas y también se utiliza para la generación de electricidad con centrales binarias.

- Energía geotérmica de baja entalpia (menores a 150°C): las posibilidades para su aprovechamiento son usos térmicos y según la ubicación y la tarifa de energía ofrecida, se puede generar electricidad con una central binaria.

### **Energía geotérmica en el Mundo**

Los antecedentes de la energía geotérmica se remontan a la utilización de las aguas termales en diversas tareas domésticas, sin embargo, sólo desde del siglo XX el vapor natural y el agua caliente fueron destinados para otros usos más sofisticados, como la extracción de productos químicos y la generación de electricidad (Jarabo y Pérez, 1988); (Prol 2013). Por lo que, durante el 2018, esta energía representó el 0.4% de la producción mundial de electricidad, junto con la energía marina y la CPS (REN21, 2019), con una capacidad instalada fue 14,600 MW, lo nombrado anteriormente se visualiza en la **Tabla 1**.

**Tabla 1, Producción Mundial de electricidad por medio de Energía Geotérmica.**

<b>País</b>	<b>MW</b>	<b>Porcentaje</b>
Estados Unidos	3639	24.9
Indonesia	1948	13.3
Filipina	1868	12.8
Turquía	1347	9.2
Nueva Zelanda	1005	6.9
México	951	6.5
Otros países	3842	26.3
<b>TOTAL</b>	<b>14600</b>	<b>100</b>

Fuente: Ritchert (2018)

También, durante el 2015, el consumo de energía geotérmica en usos directos fue de 70,329MW en 83 países. Los países líderes representan el 80% de la capacidad instalada en el mundo (Lund & Boyd, 2015), lo nombrado anterior se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2. Países líderes en usos directos de la energía geotérmica.**

Países	Capacidad instalada en usos directos
	MW
China	17,870.00
Estados Unidos	17,415.91
Suecia	5,600.00
Turquía	2,886.30
Alemania	2,848.60
Francia	2,346.90
Japón	2,186.17
Islandia	2,040.00
Otros	17134
<b>TOTAL</b>	<b>70,328.27</b>

Fuente: Lund y Boyd (2015).

Y el aprovechamiento energético de estos usos directos de la energía geotérmica fue en aplicaciones que se visualiza en la

Tabla 3.

**Tabla 3, Aplicaciones de la energía geotérmica de baja y media entalpia.**

Aplicación de la geotermia	Utilización (TJ/yr)
Bombas de calor geotérmicas	325028
Calefacción	88222
Invernaderos	26662
Acuicultura	11958
Otros	135916
<b>Total</b>	<b>587786</b>

Fuente: Lund y Boyd (2015).

### **Energía geotérmica en México**

Los esfuerzos del gobierno mexicano por aumentar la contribución de fuentes limpias de energía en la generación de electricidad han llevado a la reevaluación de las opciones en las que México cuenta

con amplias reservas, como es el caso de la energía geotérmica (Prol, 2013). En la actualidad, se encuentran bajo explotación comercial cinco campos geotérmicos cuatro plantas están a cargo de la CFE y la quinta, Domo de San Pedro es de origen privado a cargo del corporativo Grupo Dragon. En la Tabla 4, se puede observar la capacidad instalada hasta el 2016, de estos campos, los cuales satisfacen la demanda de electricidad dos millones de hogares mexicanos (Prol, 2013; CEMIGEO, 2020).

**Tabla 4, Producción de electricidad durante el 2016 de los Campos de energía geotérmica en México.**

Campos del país	Capacidad instalada
Cerro Prieto, Baja California	570 MWe
Los Azufres, Michoacán	248 MWe
Los Humeros, Puebla	94 MWe
Las Tres Vírgenes, Baja California Sur	10 MWe
Domo San Pedro. Nayarit	10 MWe

Fuente: CEMIGEO, 2016

Posteriormente, durante el 2018 La Secretaria de Energía (SENER) reporto una capacidad de 925.60MW para la energía geotérmica (SENER, Reporte de Avance de Energías, 2018). Por otro lado, el aprovechamiento de los usos directos de la energía geotérmica en México es casi en su totalidad destinado a balneología según Gutiérrez y Negrín (2015), la capacidad instalada hasta el 2013 era de 156MW (SENER, Reporte de Inteligencia , 2018). A continuación, en la Tabla 5 se presenta la capacidad instalada de las diferentes aplicaciones directas de calor geotérmico.

**Tabla 5, Capacidad instalada de usos directos del calor en México**

Uso	Capacidad instalada (MW)
Calefacción de espacios	0.46
Acondicionamiento de Invernaderos	0.004
Secado de cultivos	0.007
Balnearios	155.347
TOTAL	155.819

Fuente: Secretaria de Energía (2018)

Con los datos anteriores, se muestra que estos usos han sido poco explotados en México, sin embargo, se han identificado proyectos piloto dirigidos a la agroindustria y la calefacción de espacios por parte de Comisión Federal de Electricidad, los cuales se desarrollaron en 3 zonas geotérmicas de México como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6, Proyectos piloto de CFE**

Campo geotérmico	Aplicaciones
Los Azufres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno de secado de madera</li> <li>• Invernadero</li> <li>• Deshidratador de frutas</li> <li>• Calefacción de espacios</li> </ul>
Los Humeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta productora de Hongos</li> </ul>
Maguarichic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas terapéuticas y balneología</li> </ul>

Fuente: Secretaria de Energía (2018)

También, para impulsar la innovación en la energía geotérmica el Gobierno Federal, creó en el 2014, el Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CEMIE-Geo), su objetivo principal es impulsar a nivel nacional la investigación el desarrollo tecnológico y la innovación en geotermia (SENER, Reporte de Inteligencia , 2018).

### **Desarrollo Energético Sostenible**

En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio ambiente define a el desarrollo sostenible como “*la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*” Este concepto trata de incluir el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente de manera equilibrada (ONU, Desarrollo Sostenible, 2021). Por otro lado, la energía es indispensable para generar producción industrial y comercial, además de que permite reducir la pobreza, generalizar la protección social y elevar la calidad de vida (OEIA, 2008).

En este sentido, se identificó la necesidad de un concepto que integrara los ejes del desarrollo sostenible, el bienestar social, económico y el cuidado al medio ambiente, en el sector energético, por lo cual, surge el término “desarrollo energético sostenible” (Hernandez et al, 2017), el cual se define como el suministro de energía a un costo accesible y fiable para la población, lo que asegura el servicio y a su vez busca mitigar los efectos negativos al medio ambiente (OEIA, 2008). Por tanto, el



papel de la energía en el desarrollo sostenible se resume en cinco aspectos fundamentales (Francés, 2012):

1. Generar la energía requerida para los países en desarrollo.
2. Ofrecer servicios energéticos modernos.
3. Luchar contra la pobreza energética.
4. Aprovechar las ventajas comparativas de cada región en materia de recursos propios, tanto renovables como no renovables, para crear nuevas actividades económicas generadoras de empleo y renta.
5. Realizar un esfuerzo en materia de formación, cooperación técnica y cooperación tecnológica a favor de un desarrollo energético sostenible.

Por lo que, para alcanzar un desarrollo energético sostenible es necesario (OEIA, 2008) :

- Uso equilibrado de los recursos naturales.
- Desarrollo de tecnología.
- Incentivos económicos apropiados.
- Planificación de medidas estratégicas a nivel local y nacional.
- Control de los impactos políticos y estrategias, a fin de comprobar si están promoviendo un desarrollo sostenible.
- Capacidad de medir el estado de desarrollo de un país y verificar si progresa.

Por otra parte, los pasos para el desarrollo energético sostenible en un país son los siguientes (OEIA, 2008) :

1. Conocer la situación actual de su país en lo referente a la energía y a la sostenibilidad.
2. Determinar las mejoras y como desarrollarlas.
3. Comprender las implicaciones de determinados programas, políticas y planes energéticos, ambientales y económicos y su repercusión sobre las pautas de desarrollo y la viabilidad de configurar un desarrollo sostenible.
4. Proponer compensaciones, informadas y equilibradas en el ámbito de la política, fomentando el desarrollo de las inversiones y las medidas correctivas.

Asimismo, algunos de los objetivos que se propone para el desarrollo energético sostenible son (ONU, Estrategias energéticas sustentables Centroamérica para el 2020, 2007):

- Reducir la tasa de crecimiento de la demanda de derivados de petróleo mediante el aumento de la eficiencia energética, la sustitución de las fuentes fósiles por nuevas tecnologías.
- Reducir la dependencia energética de fuentes importadas, aumentando la oferta de fuentes renovables de energía.
- Mejorar la eficiencia y promover el uso racional de la energía. tanto de los sectores de la demanda como de la oferta.
- Diseño e implementación de una campaña regional de información para el ahorro de energía.
- Armonización de normas y reglamentos técnicos.
- Aumentar el acceso a los servicios energéticos de las poblaciones con menores ingresos y más aisladas mediante alternativas de abastecimiento.
- Mecanismos financieros para electrificación rural.
- Mejoras tecnológicas en los equipos de uso doméstico.
- Mitigar los efectos del uso y producción de energía sobre el medio ambiente
- Precios que reflejen los costos reales.
- Desarrollar proyectos energéticos con recursos naturales compatibles con el ambiente y con asentamientos humanos.
- Evaluación de impactos ambientales de proyectos energéticos.
- Definición de los marcos regulatorios para la redistribución de la renta energética.

Para medir estos objetivos anteriores se pueden utilizar, los siguientes instrumentos (ONU, Estrategias energéticas sustentables Centroamérica para el 2020, 2007):

- Fomentar la inversión pública y mixta.
- Fortalecimiento de la integración energética regional (mercado energético regional, aduanera).
- Fortalecimiento institucional del sector energético y de las instituciones responsables del monitoreo ambiental.
- Fortalecimiento de la competencia en los mercados energéticos.
- Armonización de los instrumentos regulatorios.
- Mejora de los instrumentos económicos de la regulación.

## **Resultados**

En la **Tabla 7** y **Tabla 8** se observa el comparativo de los países de Islandia, Estados Unidos, y México desde dos enfoques, el primero de estos respecto a la generación de electricidad por medio de geotermia y el segundo, con enfoque hacía los usos térmicos.

**Tabla 7, Comparativo de Generación de electricidad por medio de energía geotérmica.**

México	Islandia	Estados Unidos	Turquía
<p>La producción de electricidad por medio de energía geotérmica representa el 0.4% de la electricidad generada a Nivel Mundial.</p>			
<p>En el 2018, ocupó el lugar número seis en la generación de electricidad por medio de energía geotérmica a Nivel Mundial, lo cual representa el 6.5% de la capacidad instalada.</p> <p>Durante el 2017, el 17.29% de la electricidad en este país fue generada por energía renovables y la energía geotérmica representó el 1.69%. Cuenta con 5 Campos Geotérmicos, 4 de origen público y 1 privado. La Planta Cerro Prieto es la segunda con mayor capacidad instalación en el mundo, con aproximadamente 720MW durante el 2016.</p>	<p>En el 2018, ocupó el lugar número ocho en la generación de electricidad por medio de energía geotérmica a Nivel Mundial, lo cual representa el 5.2% de la capacidad instalada.</p> <p>El 100% de la electricidad en este país es generada por fuentes renovables entre las que se encuentran la energía hidroeléctrica y la geotérmica como principales, esta última representó el 25% durante el 2011. Este país cuenta con 7 Campos Geotérmicos de origen privado. El Complejo Geotérmico Hellisheidi es la sexta instalación más grande del mundo, con aproximadamente 303MW durante el 2018.</p>	<p>En el 2018, ocupó el lugar número uno en la generación de electricidad por medio de energía geotérmica a Nivel Mundial, lo cual representa el 24.9% de la capacidad instalada.</p> <p>Durante el 2018, el 17.6% equivalente a 741TWh de la electricidad en este país fue generado por energía renovables. La energía geotérmica, esta representó el 0.4%. Este país genera energía geotérmica en 7 Estados, California, Nevada, Utah, Hawái, Oregón, Nuevo México y Idaho. La Planta “El Geiser” ubicado en California es la instalación más grande a Nivel Mundial.</p>	<p>En el 2018, Turquía ocupó el lugar número cuatro en la generación de electricidad por medio de geotermia a Nivel Mundial, lo cual representa el 9.2% equivalente de la capacidad instalada.</p> <p>Durante el 2017, el 13% equivalente a 820 090TJ de la electricidad en este país fue generado por fuentes renovables, como, la energía hidroeléctrica, marina, eólica, solar, bioenergía y geotérmica, esta última representó el 15%. Este país genera electricidad por medio de geotermia en 55 centrales eléctricas a cargo de empresas privadas.</p>

Fuente: REN21 (2018), Ritcher (2019), Roca (2016), CEMIGEO (2020), ONU, (2020), BANCO\_MUNDIAL (2012), Cruz (2012).

**Tabla 8, Comparativo de Generación de electricidad por medio de energía geotérmica.**

México	Islandia	Estados Unidos	Turquía
Durante el 2015, el consumo de energía térmica por medio de geotérmica fue de 70,329MW			
<p>Las aplicaciones directas en 2003 de esta energía correspondían a Balneología y tratamientos terapéutico con una capacidad estimada de ~164MW distribuidos en más de 160 sitios en 19 estados de la República. Durante el 2018, se comenzó la investigación y generación de energía geotérmica en aplicaciones de bombas de calor para la climatización de edificios, invernaderos, edificios y escuelas, desalinizar el agua, deshidratación de alimentos, etc.</p>	<p>Durante el 2015, Islandia ocupó el lugar número ocho en la generación de energía térmica por medio de geotermia con una capacidad instalada de 2040MW.</p> <p>Este país comenzó con la utilización de energía térmica hace siglos con aplicaciones para la higiene personal y el baño, posteriormente durante el siglo XX, se implantaron sistemas geotérmicos de calefacción centralizada de ciudades a escala comercial, además de spas destinados al cuidado de la piel, balneología turística, y calentamiento de alimentos.</p>	<p>Durante el 2015, Estados Unidos ocupó el lugar número dos en la generación de energía térmica por medio de geotermia con una capacidad instalada de 17,415.91MW.</p> <p>El uso directo de la energía geotérmica en este país incluye la calefacción de piscinas y spas, invernaderos y instalaciones de acuicultura, calefacción de espacios y distritos, secado agrícola, aplicaciones industriales, derretimiento de nieve y bombas de calor geotérmicas. La aplicación más grande son las bombas de calor que representan el 98% de la capacidad instalada y el 90% de las instalaciones se encuentran en los estados del este, medio oeste y sur.</p>	<p>Durante el 2015 Turquía ocupó el lugar número cuatro en la generación de energía térmica por medio de geotermia con una capacidad instalada de 2886MW.</p> <p>Actualmente, hay 17 sistemas de calefacción urbana en funcionamiento, que abastecen el equivalente a 116.000 residencias, también hay seis áreas principales de invernadero geotérmicos. Otro uso es la balneológica, además se proporciona calefacción a los spas, hoteles e instalaciones de tiempo compartido mediante sistemas de bombas de calor geotérmicas que proporcionan calefacción urbana, acondicionamiento de espacios y secado agrícola a 46.400 residencias y 450 spas geotermiales.</p>

Fuente: LundyBond (2015), Koebrich, Samuel, Bowen, Thomas, y Sharpe, Austen (2018), Sanyal (2011), Lund y Toth (2020), IRENA (2020)

## **Discusión y análisis**

Con base en el análisis comparativo entre Estados Unidos, Islandia y Turquía respecto a México se encuentra que este último, a pesar de que produce energía geotérmica para la generación de electricidad y de ser una potencia Mundial, le falta desarrollar su producción para satisfacer a una cantidad mayor de población, además de que el mercado energético de este país es liderado por el sector público, lo que restringe la oportunidad de inversión privada y extranjera.

Por otro lado, las aplicaciones térmicas de este tipo de energía son las menos utilizadas en México ocupándolas únicamente para uso recreativo, hasta hace unos años, donde se comenzó con la investigación de usos como, bombas de calor, desalinización de agua y secado de alimentos, sin embargo, hasta el momento sólo son utilizados para fines investigativos y no comerciales, como ocurre en los otros países donde se utilizan para el abastecimiento térmico de sus respectivas poblaciones.

También, es importante mencionar que Islandia y Turquía son un ejemplo para tener estrategias de producción eficientes en esta industria, debido a que según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2020), estos países comenzaron su transición energética debido a que los precios de las fuentes fósiles eran demasiado elevadas y al no tener yacimientos petroleros se vieron en la necesidad de buscar recursos energéticos domésticos, estables y viables desde el punto de vista económico, optando por las energías renovables, lo cual, llevó a Islandia a ser un país ejemplo en producción de éstas debido a que hoy en día el 100% de su electricidad es por medio de agua y del calor interno de la tierra y, en el caso Turquía utiliza cada vez más estas fuentes tanto para la generación de electricidad como para la energía térmica.

## **Conclusión**

México es un país que puede generar diferentes alternativas de energía eléctrica y térmica renovable, sin embargo, no es produce lo suficiente para satisfacer a gran parte de la población, por lo que, es necesario comenzar a concientizar la industria pública y privada para optar por este tipo de generación que al igual, les presentara diversas ventajas competitivas y que además correspondería a una necesidad que tiene la sociedad de cambiar los procesos productivos a otros que sean eficientes y que minimicen el daño al medio ambiente y sociedad.

Para lograr este cambio es necesario evaluar alternativas que presentan otros países para de esta manera poder adaptar estos modelos a México, en el caso de la energía geotérmica, Islandia, Turquía y Estados Unidos son país que pueden aportar estrategias de producción eficiente debido a que son líderes en su producción tanto para la generación de electricidad como para las aplicaciones térmicas. Por lo que el

alcance de la presente investigación es comparación la producción de estos países para sus dos grandes usos, desde el punto de vista de las aplicaciones térmicas utilizadas por cada país y los porcentajes de producción generados, con la finalidad de contribuir al desarrollo energético sostenible de México debido a que esta energía es renovable y se tiene un alto potencial para su generación por lo que podría contribuir para la independencia energética de los combustibles fósiles en este país, además de aumentar su competitividad en el mercado internacional.

## Referencias

- BANCO\_MUNDIAL. (02 de 2012). *Manual de geotermia: cómo planificar y financiar la generación de electricidad. ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program)*. . Obtenido de [https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/ESMAP\\_GEOTHERMAL\\_Spanish\\_book\\_Optimized.pdf](https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/ESMAP_GEOTHERMAL_Spanish_book_Optimized.pdf)
- Bordaza, L. O. (2013). *Calentamiento global : “la máxima expresión de la civilización petrolífera”*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2433/243329724003.pdf>
- CEGA. (2016). *Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes*. Recuperado el Septiembre de 2019, de <http://www.cega-uchile.cl/informacion-sobre-geotermia/#videos>
- CEMIGEO. (05 de 2020). *Geotermia en México*. Obtenido de Campos en operación : <http://www.cemiegeo.org/index.php/geotermia-en-mexico>
- Cruz, R. U. (24 de 12 de 2012). *De espectadores a protagonistas usos directos de la energía geotérmica*. Obtenido de <http://todos.cicese.mx/sitio/noticia.php?n=1120#.YHzi-hKhPY>
- Francés, G. E. (01 de 2012). *Desarrollo energético sostenible y energías renovables*. Obtenido de Director del Programa de Energía del Real Instituto Elcano: <https://www.fomento.gob.es/AZ.BBMF.Web/documentacion/pdf/A24948.pdf>
- Hernandez, J. P., Quinto, R., Acosta, G., Barbosa, J., y Aguilar, M. C. (05 de 06 de 2017). *Indicadores de Desarrollo Energético Sustentable. Caso: Quintana Roo, México*. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de México: <https://www.redalyc.org/pdf/401/40152906006.pdf>
- Iglesias, E., y Torres, E. (2003). Low- to medium-temperature geothermal reserves in. *Geothermics*, 711-719. .

- IRENA. (15 de 04 de 2020). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de Energy Prolife : [https://www.irena.org/IRENADocuments/Statistical\\_Profiles/Eurasia/Turkey\\_Eurasia\\_RE\\_SP.pdf](https://www.irena.org/IRENADocuments/Statistical_Profiles/Eurasia/Turkey_Eurasia_RE_SP.pdf)
- ITC. (2008). *Instituto Tecnológico Canarias*. Obtenido de Energía renovable: <https://www.itccanarias.org/web/es/areas/energias-renovables>
- Jarabo, F. F., y Pérez, D. C. (1988). *Energías Renovables*. España: Publicaciones Técnicas S.A.
- Koebrich, Samuel, Bowen, Thomas, y Sharpe, Austen. (2018). *Renewable Energy Data Book*. Recuperado el 04 de 2021, de Department of Energy (DOE), Office of Energy Efficiency y Renewable Energy (EERE): <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75284.pdf>
- Lund, J. W., y Toth, A. N. (02 de ma de 2020). *Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review*. Recuperado el 2021, de <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2020/01018.pdf>
- Lund, J., y Boyd, T. (2015). *Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review*. Recuperado el 2020, de Proceedings World Geothermal Congress: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037565051500156X>
- OEIA. (06 de 2008). *Indicadores energéticos*. Obtenido de Organismo Internacional de Energía Atómica: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222s_web.pdf)
- ONU. (30 de 11 de 2007). *Estrategias energeticas sustentables centroamerica 2020*. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25839/1/LCmexL828\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25839/1/LCmexL828_es.pdf)
- ONU. (15 de 2020). *La historia de la energía sostenible de Islandia*. Obtenido de La historia de la energía sostenible en Islandia: ¿un modelo para el mundo? <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-historia-de-la-energia-sostenible-en-islandia-un-modelo-para-el-mundo>
- ONU. (07 de 01 de 2021). *Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Ordaz, M. C., Flores, A. M., y Ramírez, S. G. (2011). *Potencial geotérmico de la República Mexicana*. Obtenido de Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos : <http://www.cre.gob.mx/documento/2027.pdf>



- Prol, L. R. (2013). Foro internacional sobre energía geotérmica. *El futuro de la geotermia en el siglo XXI*, (págs. 4-12). México. Obtenido de [http://www.olade.org/realc/docs/doc\\_88038\\_20161121090115.pdf](http://www.olade.org/realc/docs/doc_88038_20161121090115.pdf)
- REN21. (2019). *Renewables 2018 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat).
- Roca, J. (27 de 06 de 2016). *Las 10 mayores plantas geotérmicas del mundo*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-geotermicas-del-mundo/>
- Sanyal. (03 de 02 de 2011). *Fifty years of power generation at the geysers geotherma*. Recuperado el 2020, de <https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2011/sanyal3.pdf>
- SENER. (2018). *Reporte de Avance de Energías*. México: Secretaria de Energía .
- SENER. (2018). *Reporte de inteligencia*. Recuperado el 2020, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416193/IT\\_UDCG\\_Final\\_prueba.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416193/IT_UDCG_Final_prueba.pdf)
- SGM. (2017). *2017*. Recuperado el Octubre de 2019, de Servicio Geológico Mexicano: [https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones\\_geologicas/Geotermia.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Geotermia.html)