



García Mejía Viviana; Rodríguez Salazar María Teresa de Jesús
Departamento de Química Analítica, Facultad de Química UNAM.
vivishram76@gmail.com ; mtjrs.papime2020@gmail.com

Abstract: Se muestra el impacto ambiental de la geotermia (energía renovable) en diferentes matrices ambientales (aire, agua, suelo). Se reporta en diferentes países, emisiones atmosféricas de contaminantes (H_2S , SO_2 , NH_3), presencia de Hg, As, Sb en aguas residuales, y hundimientos en suelo. También se menciona la normatividad de las sustancias emitidas en los campos geotérmicos, por ejemplo la NOM-022-SSA1-2010 indica valores para el SO_2 de ($288 \mu g m^{-3}$, 24 h).

OBJETIVO

Conocer el impacto de la geotermia en diferentes compartimientos ambientales como lo son: aire, agua y suelo, así como la normatividad ambiental vigente que correspondiente a estos compartimientos.

METODOLOGÍA

Se realizó una investigación documental especializada y exhaustiva del tema.

INTRODUCCIÓN

La geotermia es la energía calorífica que la Tierra transmite desde el interior de la corteza terrestre hacia la superficie de la Tierra, a través de rocas y/o fluidos. Generada por desintegración de isótopos radiactivos U^{235} , U^{238} , Th^{232} y K^{40} , y asociada a volcanes, aguas termales, fumarolas, lodos hirvientes y géiseres. (IDEA-IGME, 2008).

Se considera una energía renovable ya que se obtiene de fuentes naturales prácticamente inagotables, por su renovación por procesos naturales.

APLICACIONES. Los recursos geotérmicos se utilizan hoy en día principalmente para generar electricidad y aire acondicionado mediante sistemas de calefacción urbana.

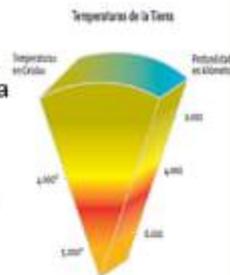


Fig 1.- Relación de la temperatura de la tierra y profundidad en km. (IDEA-IGME, 2008).

INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental se conoce como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. (SEDEMA, 2014).

Los impactos ambientales atribuidos a la geotermia se pueden desarrollar en cualquier etapa del proyecto: la exploración del campo, la construcción de la planta, las emisiones que realiza en el trabajo diario y desechos.

Las principales actividades que causan un impacto ambiental están relacionadas con:

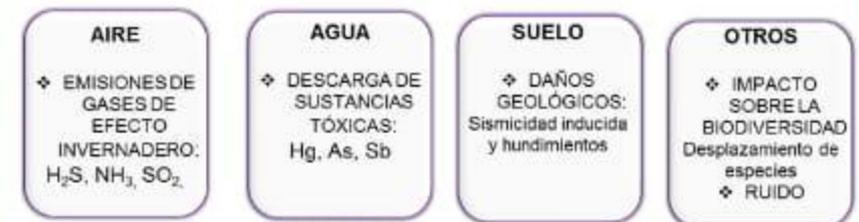


Fig 2.- Impactos ambientales de la geotermia en diferentes matrices.

Existen normas nacionales y mundiales, encargadas de establecer los parámetros permitidos de sustancias que por su exposición puede considerarse dañinas para la salud o para el medio ambiente y que tiene relación al impacto ambiental de la geotermia, por ejemplo, en México existen las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), a nivel mundial está la Organización Mundial de la Salud (OMS), por mencionar algunas.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

AIRE: Se recopiló los datos de los límites permitidos de normas para considerar una buena calidad de aire, para CO_2 , H_2S , NH_3 , SO_2 . En la Tabla 1 se muestra las cantidades y la dependencia autora de la normatividad.

Estos gases son emitidos a la atmósfera a través chimeneas instaladas en torres de enfriamiento dentro de los campos geotérmicos para la producción de energía eléctrica. Sin embargo, el SO_2 no es emitido directamente, ya que este se genera a partir de la oxidación de H_2S .

Los impactos ambientales relacionados con las emisiones atmosféricas están muy relacionados con la ubicación geográfica de las centrales geotérmicas, condiciones meteorológicas y la tecnología utilizada en el proceso de generación de energía.

La alta exposición de estos gases, producen efectos graves en la salud (OMS, 2021).

Durante la investigación se encontró que en ocasiones se rebasan estos límites, ejemplo la central geotérmica Cerro Prieto, BJ, México, con cantidades promedio de $300 \mu g m^{-3}$ 24 h. (Aguilar-Dodier, 2020).

Tabla 1.- Normatividad vigente en las diferentes matrices ambientales.

MATRIZ	SUSTANCIA	LÍMITE	NORMATIVIDAD
AIRE	SO_2	$288 \mu g m^{-3}$, 24 h	NOM-022-SSA1-2010 (MEX)
		$655 \mu g m^{-3}$, 24 h	CAAQS (EUA) ¹
		$105 \mu g m^{-3}$, 24 h	CAAQS (EUA) ¹
	H_2S	$150 \mu g m^{-3}$, 24 h	(OMS, 2003) ²
		$42 \mu g m^{-3}$, 1 h	CAAQS (EUA) ¹
AGUA	NH_3	$50 \mu g m^{-3}$, 24 h	R. 514/2010 (ISLAND) ³
		$100 \mu g m^{-3}$, 24 h	OEHA (EUA) ⁴
	$170 \mu g m^{-3}$, 24 h	ATSDR (ITALIA)	
SUELO	CO_2	$40 \mu g m^{-3}$, 24 h	OMS, 2021
	Hg	0,006 mg/L	NOM-001-SEMARNAT-2021
	As	0,025 mg/L	PROY-NOM-127-SSA1-2017
	Sb	0,005 mg/L	US-EPA. (EUA 2009) ⁵

(EUA)¹: Ambient Air Quality Standards: California Air Resources Board: California, 2022; pp 1-2.
 (OMS 2003)²: Sulfuro de hidrógeno: Aspectos de la salud humana. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 2003
 R. 514/2010 (ISLAND)³ <http://www.government.is>
 OEHA (EUA)⁴: Office of Environmental Health Hazard Assessment <https://oehha.ca.gov/>
 MISE-MATTM (ITA)⁵: Ministerio de Desarrollo Económico y Ministerio de Medio Ambiente y Protección de la Tierra y el Mar de Italia. http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenzia/upload/174_375.pdf
 US-EPA. (EUA 2009)⁵: National Primary Drinking Water Regulations, Washington, DC.

AGUA: La operación geotérmica puede causar contaminación de acuíferos a través de accidentes durante la perforación de pozos, derrames en las tuberías, derrames accidentales en tanques de almacenados (antes de la reinyección). También algún derrame procedente de las torres de refrigeración, una vez depositada en el suelo cercano a la central, puede lixiviar, contribuyendo a la contaminación del suelo, el agua y los sedimentos.

SUELO: La extracción de fluidos del subsuelo es la causa antropogénica más común de hundimiento, conduce a un cambio en el campo de tensiones en el yacimiento y las áreas circundantes.

CONCLUSIONES

- La energía geotérmica generalmente se considera una fuente de energía renovable, pero su desarrollo puede tener importantes implicaciones en la parte de sostenibilidad debido a la cantidad y formas de presentar sus impactos ambientales en las diferentes matrices como aire, agua y suelo.
- Los impactos ambientales en la matriz aire, se producen por temas multifactoriales y no solo por la propia emisión de los gases de los procesos en la planta geotérmica.
- La contaminación acuífera se puede evitar siguiendo los procedimientos correctos para perforar y operar el equipo de las plantas geotérmicas.
- El mantenimiento periódico de los sistemas de la planta geotérmica, la inversión en la tecnología adecuada y la adopción de un plan de monitoreo sustentado por la normatividad vigente, ayuda a minimizar las emisiones de cualquier tipo de contaminante, en cualquier etapa de un proyecto geotérmico.

REFERENCIAS

- Aguilar-Dodier LC; Castillo J.E; Quintana P. "Spatial and temporal evaluation of H_2S , SO_2 and NH_3 concentrations near Cerro Prieto geothermal power plant in Mexico, 2020". Atmospheric Pollution Research 2020, 11, Pag 94-104.
 - Arnannsson, H. y Kristmannsdóttir, H., Environmental aspects of geothermal energy utilization, Geothermics, 2008, 32, 451-461.
 - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía e Instituto Geológico y Minero de España (IDEA-IGME). (2008). Manual de Geotermia. 11-116.
 - Manzella Adele.; Bonciani Roberto; Alansdottir Agnes. " Environmental and social aspects of geothermal energy in Italy". Geothermics 72, 2018, 232-248
 - NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación., 1st ed.; Diario Oficial de la Federación: Ciudad de México, 2022.
 - NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población., 1st ed.; Diario Oficial de la Federación: Distrito Federal, 2010.
 - Peralta, O.; Castro, T.; Durón, M.; Saicico, A.; Calada-Murillo, A. " A H2S emissions from Cerro Prieto geothermal powerplant. Mexico and air pollutants measurements in the area.
 - Piña Verdejo, D. A. "ENERGÍAS RENOVABLES: ALTERNATIVA ENERGÉTICA EN MÉXICO, LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD AMBIENTAL". Licenciatura. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, CIUDAD DE MÉXICO, 2021.
 - Zervos, A. RENEWABLES 2022 GLOBAL STATUS REPORT, 2nd ed.; UNEP: Paris, 2022; pp 26-27, 44, 50.