



# GEOTERMIA: IMPACTO AMBIENTAL

AVANCES  
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN II  
(1904)

VIVIANA GARCÍA MEJÍA

TUTORA DE ESTANCIA: DRA.  
MARÍA TERESA DE JESÚS  
RODRÍGUEZ SALAZAR

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
ANALÍTICA, FACULTAD DE  
QUÍMICA UNAM.

14 de abril de 2023

# ÍNDICE

**1) INTRODUCCIÓN**

**2) OBJETIVOS**

**3) METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

**4) RESULTADOS**

**5) CONCLUSIÓN**

**6) BIBLIOGRAFÍA**

## GEOTERMIA

Energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra.

Energía renovable que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor natural del interior de la corteza terrestre y que se transmite a través de los cuerpos de roca caliente o reservorios, donde se suscitan procesos de interacción de fluidos y rocas, dando origen a los sistemas geotérmicos. (Hernández, 2019).

---

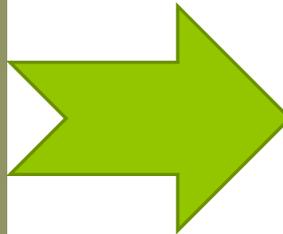
### ORIGEN

- ❖ La desintegración de isótopos radiactivos: U235, U238, Th282 y K40.
- ❖ Calor inicial que se liberó durante la formación del planeta hace 4 500 millones de años y que todavía llega a la superficie.
- ❖ Los movimientos diferenciales entre las diferentes capas que constituyen la Tierra, principalmente entre el manto y el núcleo.

# UBICACIÓN

Se manifiesta en:

- ❖ Volcanes
- ❖ Aguas termales
- ❖ Fumarolas
- ❖ Lodos hirvientes
- ❖ Géiseres



- Zonas con actividad volcánica
- Zonas con movimientos de placas tectónicas  
( Paulillo A.,2020)

# APLICACIONES

Dependiendo del **gradiente geotérmico** (relación entre la temperatura de la Tierra y la distancia de profundidad), será su aplicación:

- ❖ Calefacción
- ❖ Generación de energía eléctrica por medio de centros o plantas geotérmicas (González, 2017).

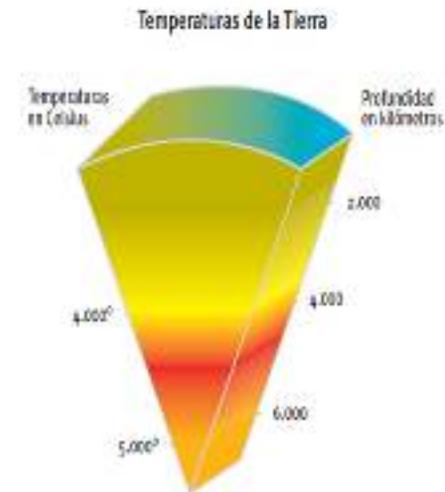


Fig 1. Gradiente de temperatura ). (IDEA-IGME,2008).

# PLANTAS GEOTÉRMICAS

Tabla 1.- Características de las plantas geotérmicas

<b>NOMBRE</b>	<b>PRINCIPAL CARACTERÍSTICA</b>	<b>TEMPERATURA DEL YACIMIENTO GEOTÉRMICO</b>
<b>VAPOR SECO<sup>1</sup></b>	Diseño simple ya que se usa directamente el vapor geotérmico	>150 °C
<b>FLASH<sup>1</sup></b>	Se usa un solo fluido geotérmico que después de separa en fase líquida y fase vapor.	>150°C (al menos)
<b>CICLO BINARIO<sup>1</sup></b>	Se utilizan dos fluidos: La energía geotérmica se transfiere a través de un intercambio de calor a un fluido secundario o de trabajo (con punto de ebullición inferior al agua).	<150 °C

<sup>1</sup>(Soltani, 2021)

**Tabla 2.- Impactos ambientales en diferentes matrices ambientales.**

<b>AIRE</b>	<b>AGUA</b>	<b>SUELO</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>❖ EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ DESCARGA DE SUSTANCIAS TÓXICAS: Hg, As, Sb, B</li><li>❖ CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ DAÑOS GEOLÓGICOS: Sismicidad inducida y hundimientos</li><li>❖ Desplazamiento de especies</li></ul>

# OBJETIVOS

1. Continuar con la investigación documental especializada formativa en el tema para:

a) Elaborar diagramas con descripción de la emisión reportada de especies contaminantes en los diferentes compartimentos ambientales (*agua, aire, suelo*) asociados con las diferentes etapas de generación y uso de la energía geotérmica.

b) Elaborar mapa de distribución geográfica de estudios reportados de impacto ambiental de la energía geotérmica.

c) Continuar con la consulta y el análisis de los niveles de concentración de la emisión reportada de especies contaminantes en los diferentes compartimentos ambientales asociados con las diferentes etapas de generación y uso de la energía geotérmica

d) Evaluar los niveles de concentración de las especies mencionadas en el inciso d, en relación con la normatividad nacional e internacional que establecen límites máximos permisibles en materia ambiental.

e) Identificar las políticas públicas establecidas a nivel internacional y nacional para prevención y remediación de contaminación por generación y uso de la energía geotérmica.

# OBJETIVOS

2. Elaboración de infografía y presentación de seminario, con base en el análisis y procesamiento de la información de la investigación.
3. Difusión del material resultante de apoyo, en formato digital, que se encontrarán disponibles en plataforma TIC's institucional de la Facultad de Química:

<https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=459>

# METODOLOGÍA

- ❖ Se realizó una investigación documental exhaustiva y especializada en el tema, con información actualizada del año 2018 a la actualidad.
- ❖ La información consultada fue tomada de diferentes fuentes documentales, principalmente: artículos de revistas especializadas a través de plataformas digitales como [www.scopus.com](http://www.scopus.com), [www.scincedirect.com](http://www.scincedirect.com), [www.proquest.com](http://www.proquest.com), <https://scholar.google.es>; tesis de licenciatura por medio de [www.bidi.unam.mx](http://www.bidi.unam.mx) (Biblioteca Digital, UNAM) ; y normas, reglamentos y leyes nacionales e internacionales.

# RESULTADOS 1.a)

Etapas de un ciclo de vida de un proyecto geotérmico:



- Exploración superficial: Estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos
- Exploración profunda: perforación de pozos profundos

## Impacto ambientales:

- **Aire:** Perforaciones: Escape no controlado de H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>
- **Agua:** Impacto en cuerpos de agua
- **Suelo:** Desplazamiento de flora y fauna

# RESULTADOS 1.a)

Exploración  
geotérmica



Construcción



Producción



Residuos



## Impacto ambientales:

- **Aire:** Emisiones de gases de efecto invernadero, CO<sub>2</sub>, debido al uso de maquinaria para la perforación de pozos. (Uso de diesel).
- **Aire:** Ruido
- **Agua:** Impacto en cuerpos de agua

# RESULTADOS 1.a)

Exploración  
geotérmica



Construcción



Producción



Residuos



## Impacto ambientales:

- **Aire:** Se liberan gases disueltos durante la extracción  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,
- **Aire:** Se producen gases como  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$  a partir de la oxidación de  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NH}_3$ ,
- **Aire:** Trazas de: B, As, Hg y sales metálicas
- **Aire:** Ruido
- **Agua:** Posibles fugas en los ductos y revestimientos

# RESULTADOS 1.a)

**Exploración  
geotérmica**



**Construcción**



**Producción**



**Residuos**



## **Impacto ambientales:**

- **Aire:** Calor residual de maquinaria
- **Agua:** Posibles fugas en los ductos y revestimientos
- **Aire:** Trazas de: B,As,Hg y sales metálicas

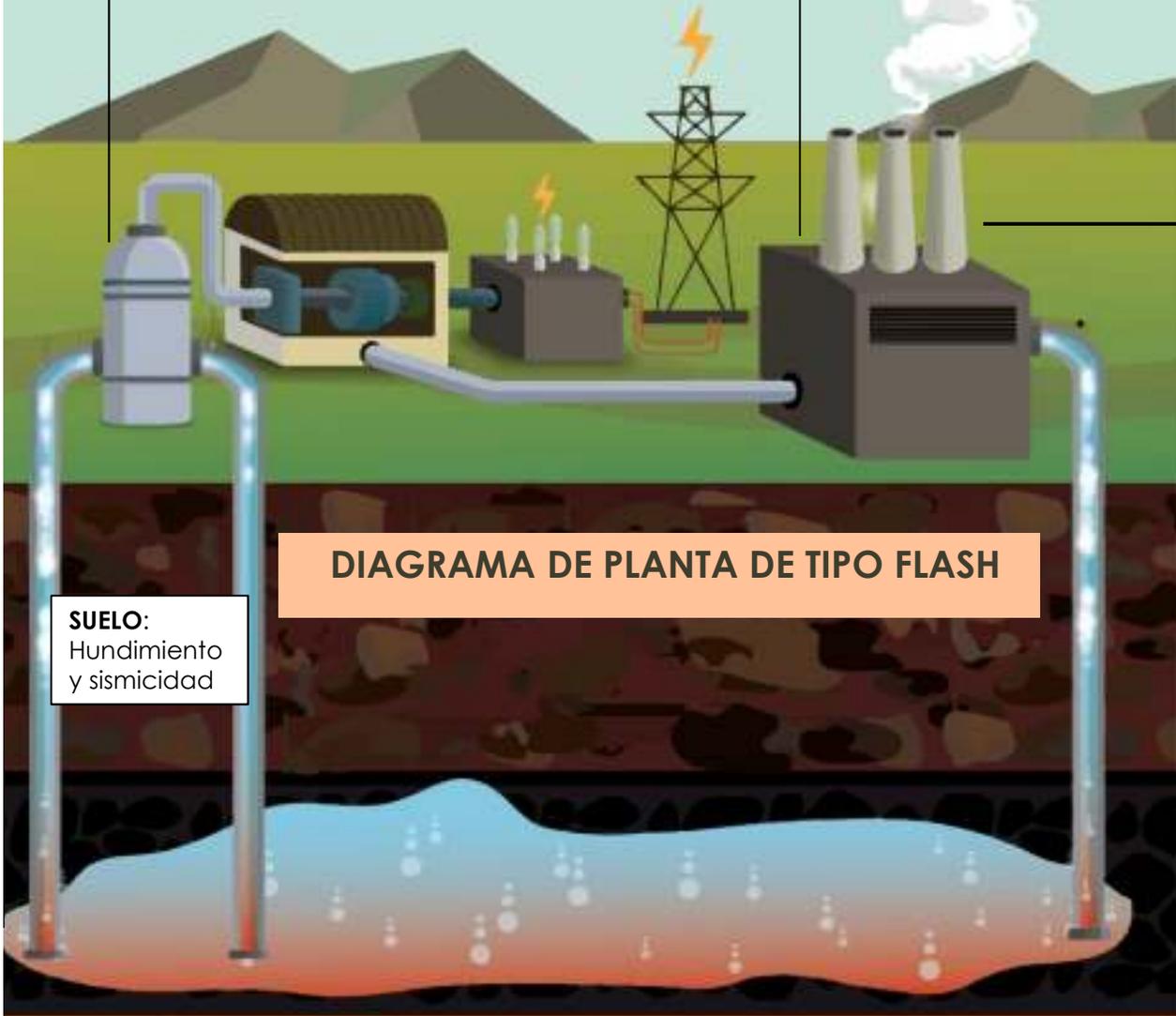
# RESULTADOS 1.a)

**AIRE:** Se liberan gases disueltos durante la extracción  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ .

**AIRE:** TORRES DE ENFRIAMIENTO: Se liberan gases no condensados de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ .

**AIRE:** TORRES DE ENFRIAMIENTO: Se producen gases como  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$  a partir de la oxidación de  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NH}_3$ .

**AIRE:** Trazas de: B, Ar, Hg y sales metálicas.



**DIAGRAMA DE PLANTA DE TIPO FLASH**

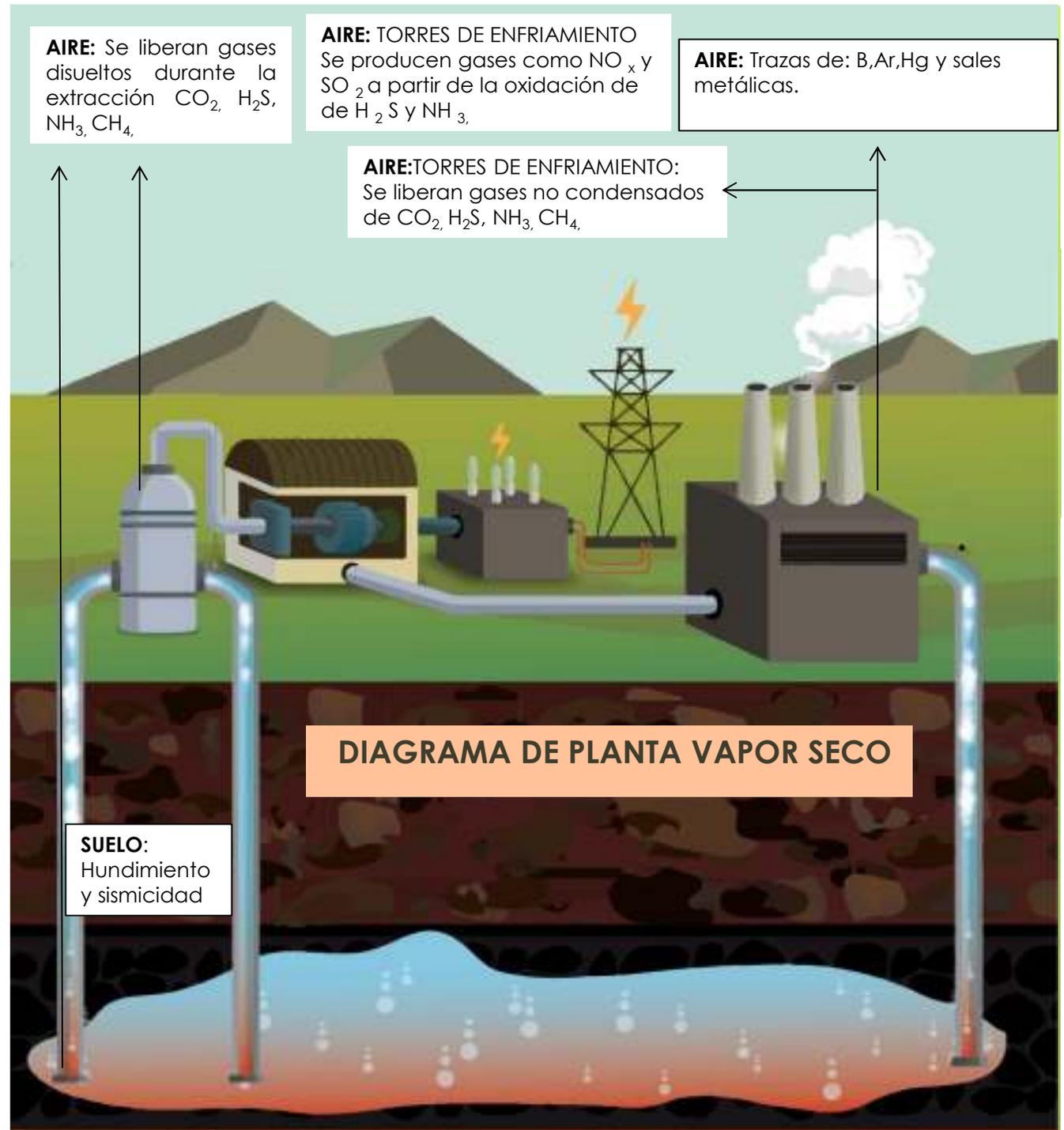
**SUELO:** Hundimiento y sismicidad

**AGUA:** Trazas de: B, Ar, Hg y sales metálicas.

Infografía modificada. (Pizano R, PROYECTO SE, 2018)

## RESULTADOS 1.a)

Las plantas de vapor seco no producen salmuera cargada de minerales, por lo que sus impactos ambientales son menores que las Plantas Vapor Flash. (Soltani, 2021).



ifografía modificada. (Pizano ,PROYECTOSE,2018)

# RESULTADOS 1.a)

**AIRE:** Se liberan gases disueltos durante la extracción  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,

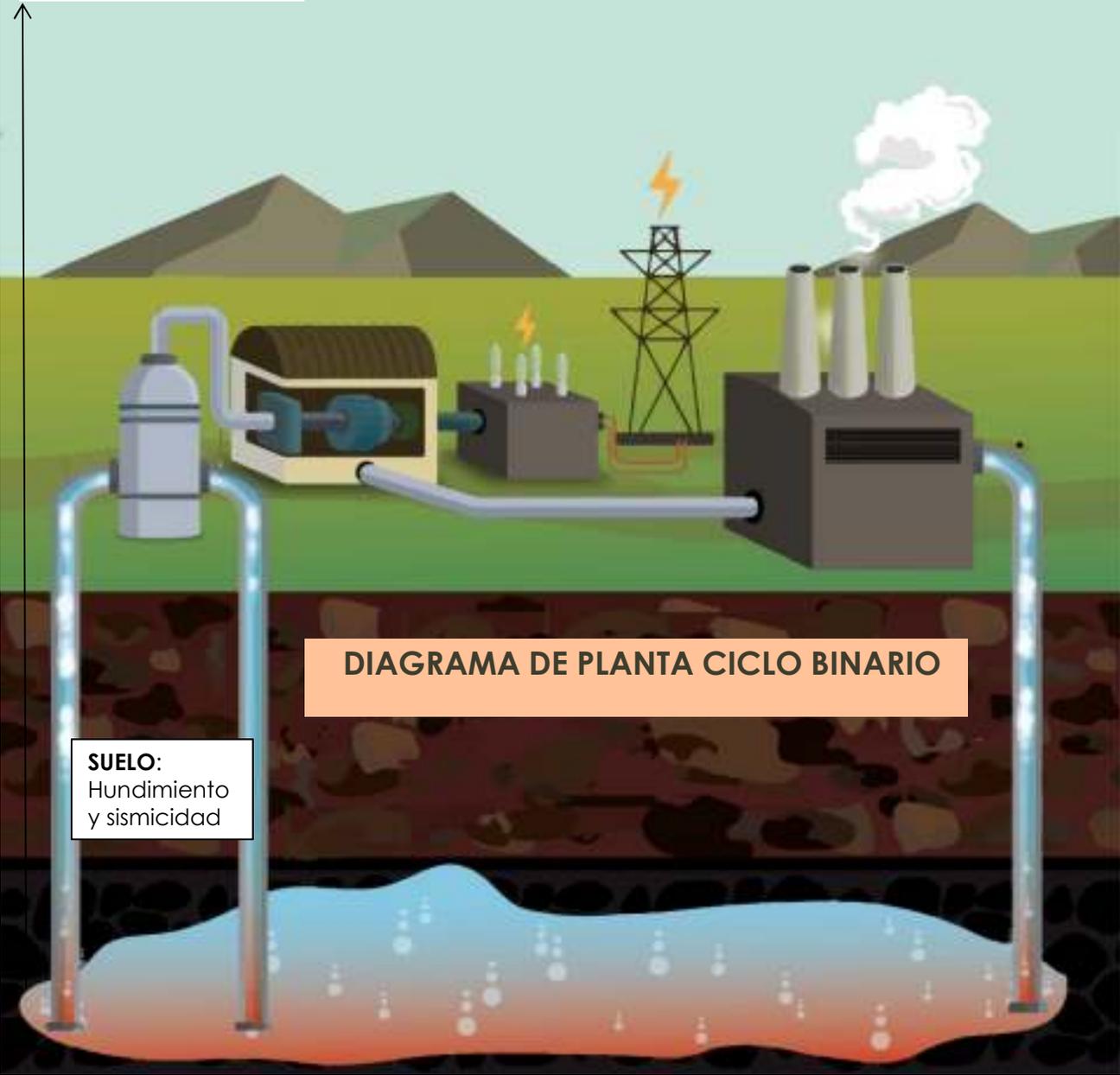


DIAGRAMA DE PLANTA CICLO BINARIO

**SUELO:**  
Hundimiento  
y sismicidad

Las plantas de ciclo binario operan en modo de circuito cerrado con retorno directo de fluidos. (Soltani, 2021).

Infografía modificada. (Pizano R, PROYECTO SE, 2018)

## RESULTADOS 1. b)

- Mapa de la distribución geográfica de estudios reportados de impacto ambiental de la energía geotérmica



# RESULTADOS 1. b)

Número	PAÍS	NOMBRE DE LA PLANTA	MATRIZ
1	E.U.A	Tuscarora Mountains (TS) y McGinness Hills (MC)	Suelo
2	Indonesia	Dieng	Agua
3	Indonesia	Wayang Windu,	Aire y agua
4	Islandia	Hengill	Suelo y agua
5	Islandia	Theistareykir	Aire y agua
6	Islandia	Hellsheibi	Aire, agua, suelo
7	Italia	Chiusdino, Larderello	Aire, agua, suelo
8	Italia	Bagnore	Aire, agua, suelo
9	Italia	Qualtra, Toscana	Aire, agua, suelo
10	Italia	TODAS	Aire
11	México	Los Humeros, Puebla	Aire
12	México	Los Humeros, Puebla	Aire
13	Nueva Zelanda	Ohaaki. Zona Volcánica de Taupo (TVZ) en el centro de la Isla Norte, Nueva Zelanda	Aire
14	Reuno Unido	Cornualles UDDGP	Aire, agua, suelo
15	Tíbet	Langjiu, Tíbet	AIRE
16	Turquía	Aydin y Manisa	Aire
17	Turquía	Büyük Menderes Graben	Aire, agua, suelo
18	Turquía	<a href="#">Dora-4_Aydin-Kosk</a>	Suelo

## RESULTADOS 1. e)

- POLÍTICAS PÚBLICAS

La UE que han contribuido al desarrollo de la geotermia son las siguientes:

- a) **Regulación del agua** : El Parlamento Europeo y el Consejo, organizando un marco bajo la directiva 2000/60/EC para la acción comunitaria en el campo de la política del agua o Directiva Marco del Agua (DMA)

Medida para prevenir la contaminación del agua al restringir la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evaluar continuamente el estado de los productos químicos, lo que ha llevado a mejorar las condiciones de las aguas subterráneas.

- b) **Evaluación ambiental** :

Se debe realizar una evaluación ambiental para garantizar que se tengan en cuenta las reglamentaciones ambientales. Las evaluaciones ambientales para proyectos individuales se basan en la Directiva 2011/92/UE (Directiva EIA) y para programas públicos de acuerdo con la Directiva 2001/42/EC (Directiva SEA) .

Además, para proteger la vida silvestre, la biota acuática, la vegetación y sus hábitats, el proyecto geotérmico debe cumplir con la Directiva 92/43 (Directiva Hábitat) .

## CONCLUSIONES

- Los impactos ambientales se pueden dividir en dos grupos a) directos y b) indirectos. Si bien ambos son importantes, en los valores reportados los directos tienen mayor contribución en los compartimentos ambientales.
- Los mayores contribuyentes a los impactos ambientales son el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{H}_2\text{S}$ , durante la operación de la estación durante su vida útil.
- Utilizar maquinaria que utilice un combustible menos contaminante, puede reducir de manera significativa el impacto ambiental que se tiene en el compartimento «aire».

## CONCLUSIONES

- El compartimento «aire» es el que tiene un mayor impacto ambiental en todo el ciclo de vida del proyecto.
- El impacto ambiental en el compartimento «suelo» es el que permanece constante en las tres diferentes plantas geotérmicas mencionadas.
- Las concentraciones de gases en el fluido geotérmico varían según las características del yacimiento y de la región.
- La distribución geográfica de los estudios reportados corresponden a la zona con actividad de placas tectónicas.

# BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Dodier, L.; Castillo, J.; Quintana, P.; Montoya, L.; Molina, L.; Zavala, M.; Almanza-Veloz, V.; Rodríguez-Ventura, J. »Spatial And Temporal Evaluation Of H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> And NH<sub>3</sub> Concentrations Near Cerro Prieto Geothermal Power Plant In Mexico.» *Atmospheric Pollution Research* 2020, 11 (1), 94-104.

D'Alessandro, W.; Aiuppa, A.; Bellomo, S.; Brusca, L.; Calabrese, S.; Kyriakopoulos, K.; Liotta, M.; Longo, M. Sulphur-Gas Concentrations In Volcanic And Geothermal Areas In Italy And Greece: Characterising Potential Human Exposures And Risks. *Journal of Geochemical Exploration* 2013, 131, 1-13.

Dumanoglu, Y. Monitoring Of Hydrogen Sulfide Concentration In The Atmosphere Near Two Geothermal Power Plants Of Turkey. *Atmospheric Pollution Research* 2020, 11 (12), 2317-2326.

Emine yagiz Gürbüz, Onur Vahip, Ali Kecebas. Environmental impact assessment of a real geothermal driven power plant with two-stage ORC using enhanced exergo-environmental analysis. *Renewable Energy*, 2022 ,185 , 1110-1123

Mott A.; Babá A., Hadi Mosleh M. Boron in geothermal energy: Sources, environmental impacts, and management in geothermal fluid. *Review Sustainable Energy*, 2022, 167

Paulillo Andrea, Cotton L.; Law R.; Striolo A. Geothermal energy in the UK: the lifecycle environmental impacts of electricity production from the United Downs Deep Geothermal Power Project. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 249

Peralta, O.; Castro, T.; Durón, M.; Salcido, A.; Celada-Murillo, A.; Navarro-González, R.; Márquez, C.; García, J.; de la Rosa, J.; Torres, R.; Villegas-Martínez, R.; Carreón-Sierra, S.; Imaz, M.; Martínez-Arroyo, A.; Saavedra, I.; Espinosa, M.; Torres-Jaramillo, A. H<sub>2</sub>S emissions from Cerro Prieto geothermal power plant, Mexico, and air pollutants measurements in the area. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03756505>.

Soltani M.; Farshad Moradi Kashkooli; Mohamemed Souri. *Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems*. *Renewable and sustainable Energy Revies*, 2021, 140