



GEOTERMIA: ENERGÍA DE LA TIERRA

Edgar Rolando Santoyo Gutiérrez, Erika Almirudis Echeverría,
Jorge Alejandro Wong Loya



EDITORIAL
TERRACOTA



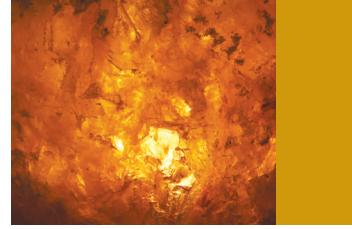
colección **sello de arena**
¿Qué energía te mueve?

Contenido

- 07 Presentación
- 08 Introducción
- 11 Nuestro planeta, ¿tiene energía?
- 19 La energía térmica del interior de la Tierra
- 29 Sistemas geotérmicos hidrotermales
- 39 Sistemas geotérmicos de roca seca caliente
- 42 Uso de la geoenergía
- 61 Geotermia en el mundo y en México
- 66 Impacto ambiental de los proyectos geotermoeléctricos
- 68 Conclusiones
- 76 Sobre los autores
- 77 Bibliografía



Nuestro planeta, ¿tiene energía?



En un mundo sin energía no habría movimiento, luz, ni vida. Desde el punto de vista de la física, la energía se define simplemente como la capacidad para realizar un trabajo. Esto último se puede interpretar como la capacidad de mover, calentar o cambiar algo de alguna manera. En general, todo cuerpo tiene energía en función de sus propiedades fisicoquímicas, tales como movimiento, posición, temperatura, masa, composición química, entre otras. La energía puede manifestarse de varias formas, algunas de las cuales te podrán ser más familiares, por ejemplo, las energías mecánica, térmica, eléctrica, electromagnética, entre otras.

La Tierra es un planeta térmicamente activo

Tú también eres un ser que está en movimiento, puedes caminar, correr, bailar, pensar y platicar gracias a que utilizas tu energía. Además, en el interior de tu cuerpo también usas energía, la cual te permite realizar todas las funciones que necesitas para mantenerte vivo. Al igual que ocurre en el cuerpo



La energía en el mundo es necesaria para el movimiento, la luz y la vida.



Géiser en Alemania.

humano, la Tierra es un planeta en movimiento, que además de girar sobre su propio eje y alrededor del Sol, tiene energía en su interior. La energía interna del planeta se manifiesta como calor o energía térmica, la cual se puede transferir de un lugar a otro de forma natural, siempre y cuando exista una diferencia de temperaturas, esto es, el calor fluirá desde un sitio caliente, con mayor temperatura, a otro frío, con una temperatura menor.

La energía térmica o calor que fluye desde el interior de la Tierra hacia la superficie se conoce como energía geotérmica o geotermia. Este término deriva de los vocablos griegos *geos*, tierra, y *termos*, calor, por lo cual es referido a su vez como calor de la Tierra.

¿Cómo se formó la Tierra?

Aunque se sabe que las rocas más antiguas de la Tierra no tienen más de 4 000 millones de años, los meteoritos, que son rocas con una composición similar a la que existe en el interior del planeta, han dado evidencias de que la Tierra se formó hace aproximadamente unos 4 567 millones de años, junto con el Sistema Solar. La Tierra, durante su origen, no era como la conocemos ahora, sino que parecía más bien una bola o masa homogénea caliente. Desde ese entonces, ha estado emanando energía térmica o calor hacia el exterior.

Seguramente has notado que cuando un objeto se enfría, algunas partes están más calientes que otras, esto es porque la temperatura no es la misma en todas partes. Al comer una papa te habrás dado cuenta de que por dentro se siente más caliente, ya que su superficie se enfría más rápido, es decir, pierde calor más rápido y su temperatura exterior es menor que la interior. Esto mismo ha ocurrido a lo largo de millones de años con la Tierra, y en su in-



Cada ser humano emplea energía para moverse, caminar o correr.

La energía térmica del interior de la Tierra

La fuente de la energía térmica del planeta tiene que ver con su origen mismo y con su estructura interna. El calor interno de la Tierra proviene de una combinación del calor que aún se conserva desde el colapso que la formó y del calor producido por la desintegración o decaimiento radiactivo de isótopos en su interior. Ejemplos de isótopos que decaen son el uranio-238 (^{238}U), uranio-235 (^{235}U) y torio-232 (^{232}Th).

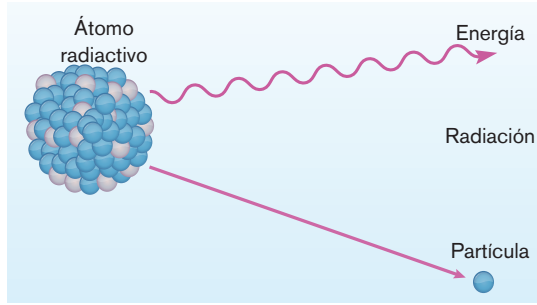
La desintegración de estos isótopos radiactivos de vida media muy larga genera continuamente una enorme cantidad de calor, la cual contribuye a la reposición de esta energía en las entrañas de nuestro planeta. Este último proceso genera calor con una tasa energética inmensa de aproximadamente 24 terawatts.

El contenido total de calor de la Tierra es muy grande. Se sabe que es del orden de los 12.6 billones de exajoules y se calcula que la corteza contiene unos 5 400 millones de exajoules. La capacidad para conducir este calor entre las rocas es muy baja, por lo que se requerirían cientos de millones de años para agotar este recurso geoenergético, cualidad que hace que sea considerado como sustentable y por



Volcanes de la isla de Java, Indonesia.

Isótopo.

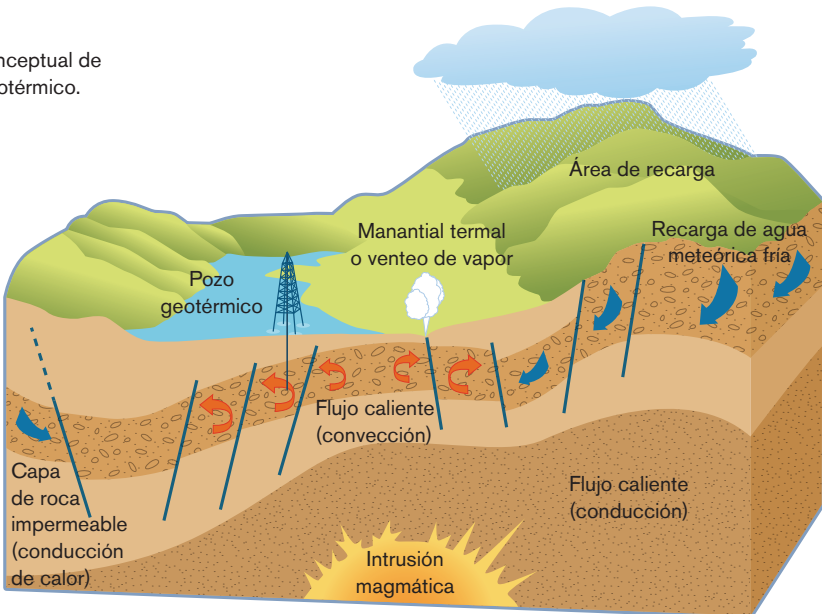


tanto, una energía renovable. Con esta cantidad de energía y con las características particulares de la estructura de la Tierra, se ha determinado que el calor total que fluye lentamente del interior hacia la superficie es de 42 terawatts, del cual 19% proviene de la corteza, 76% del manto y 5% del núcleo.

¿Qué tan caliente está la Tierra?

Se estima que la temperatura en el núcleo de la Tierra alcanza aproximadamente los 6 000 °C, mientras que las temperaturas del manto varían entre los 100

Modelo conceptual de sistema geotérmico.



Uso de la geoenergía



Los monos macacos combaten el frío del invierno sumergiéndose en las aguas termales de Nagano, Japón.

Aunque en la actualidad se están desarrollando tecnologías para el uso de la energía geotérmica, el empleo de este recurso natural es muy antiguo.

El agua termal se calienta debido a la energía contenida en el interior de la Tierra; es decir, la Tierra funciona como la estufa cuando calentamos agua. Los griegos y romanos nos han dejado numerosos ejemplos de baños termales públicos y calefacción urbana.

Es el caso de las instalaciones de Esculapio en la antigua Pérgamo, donde el hospital solía utilizar agua caliente procedente de aguas termales. Los baños turcos fueron introducidos por los otomanos aprovechando las numerosas manifestaciones geotérmicas superficiales, de casi 100 °C en la región de Anatolia. En México se sabe que Nezahualcóyotl disfrutaba las visitas a los manantiales termales y sulfurosos en Oaxtepec, Morelos.

El placer que proporciona el permanecer varios minutos en una poza de aguas termales es incluso valorado por algunos otros seres vivos además del ser humano. En este sentido la naturaleza es muy sabia, por ejemplo los monos macacos en Nagano, Japón, se sumergen en fuentes termales para combatir el

crudo invierno.

Aparte de los baños termales, el aprovechamiento de la geotermia como fuente energética nace en el siglo XVIII. En 1777, F.U. Hoefler, director de la farmacia del Ducado de Toscana en Italia, descubrió la presencia de ácido bórico en los condensados del vapor geotérmico en una zona de esa región. Fue hasta el año 1818 cuando Francesco Larderello comenzó a extraer el ácido bórico con una pequeña fábrica que evaporaba el agua termal bórica quemando leña. Como es recurrente en los procesos de producción, siempre se busca mejorarlos para gastar menos energía y obtener una mayor ganancia. En

