

Geotermia: Introducción a la utilización del calor de la Tierra (Distintas definiciones y fundamentos)



La Geotermia en el ámbito académico: situación actual, desafíos y potencialidades en las carreras universitarias de Geociencias, en la región centroamericana

-Seminario de Intercambio-

Dr.Rer.Nat.

Allan López

***Centro de investigaciones en Ciencias Geológicas
Universidad de Costa Rica***

Energía geotérmica = calor generado en el interior de la Tierra por la acción combinada de:

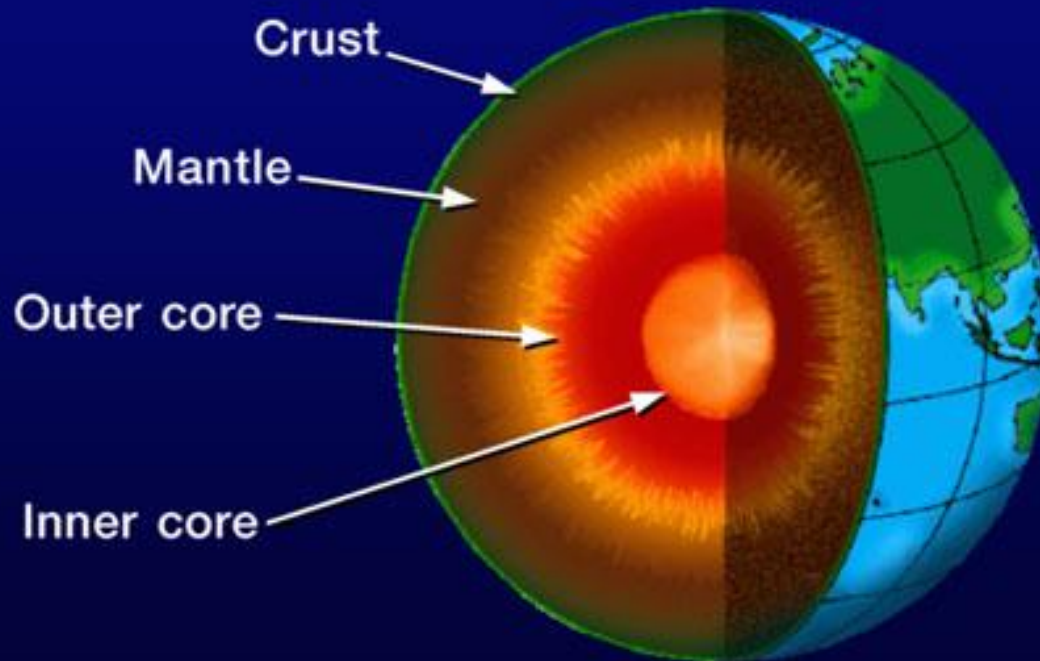
--transformación de energía cinética en calor como consecuencia del crecimiento de la Tierra a partir de materia primigenia hace 4600 Ma.

-desintegración de elementos radioactivos de vida prolongada existentes en la corteza.

-disipación de energía rotacional.

Gravitatoria :	30000		
Compresional	4000		
Térmica inicial:	3000		
Solidificación (sep/nucleo-manto)			1700
Radigénica	250		
Sistema Tierra/Luna (Grav)		120	
Sistema Tierra/Luna (Orb.)			35
Rotación de la Tierra		7	

The Earth

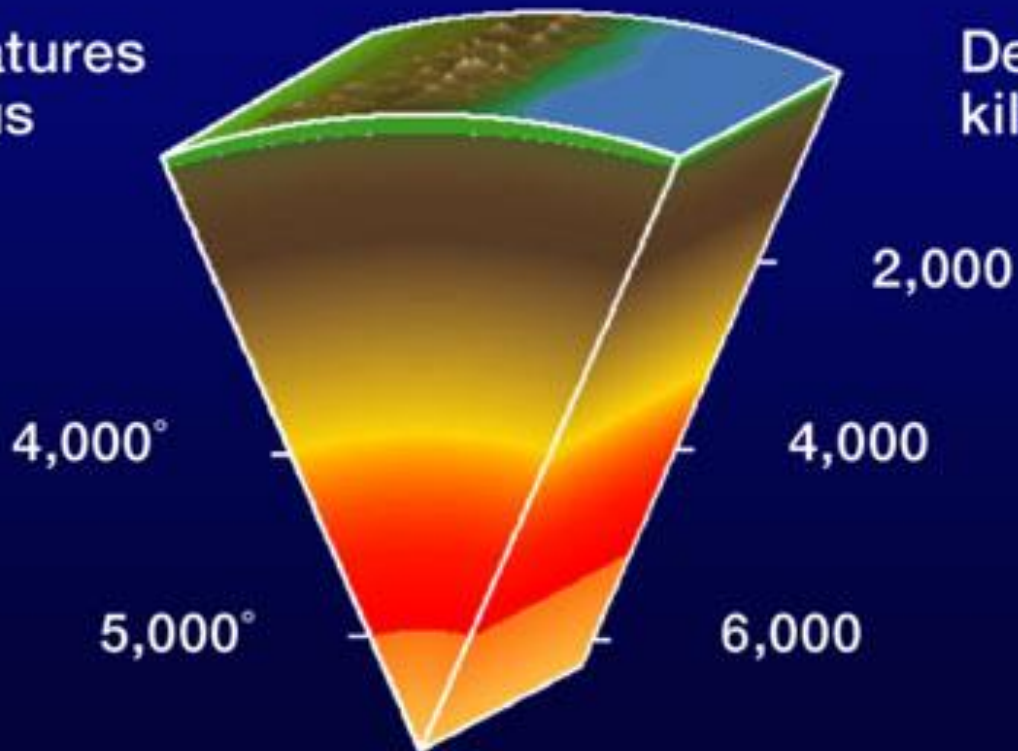


Diferenciación estructural interna de la Tierra desde la masa inicial homogénea hasta su actual estructura, con transferencia de flujo calórico desde el núcleo y manto hacia la corteza.

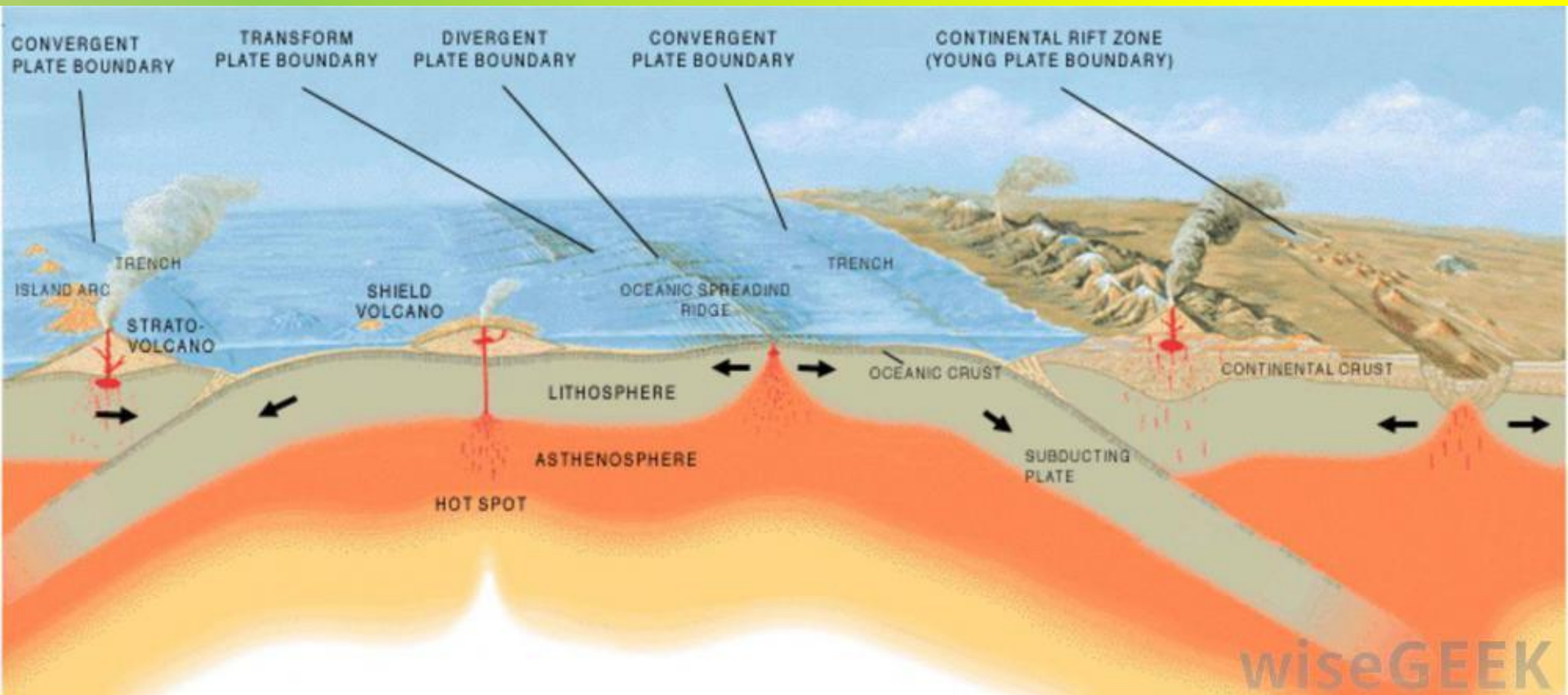
Temperatures in the Earth

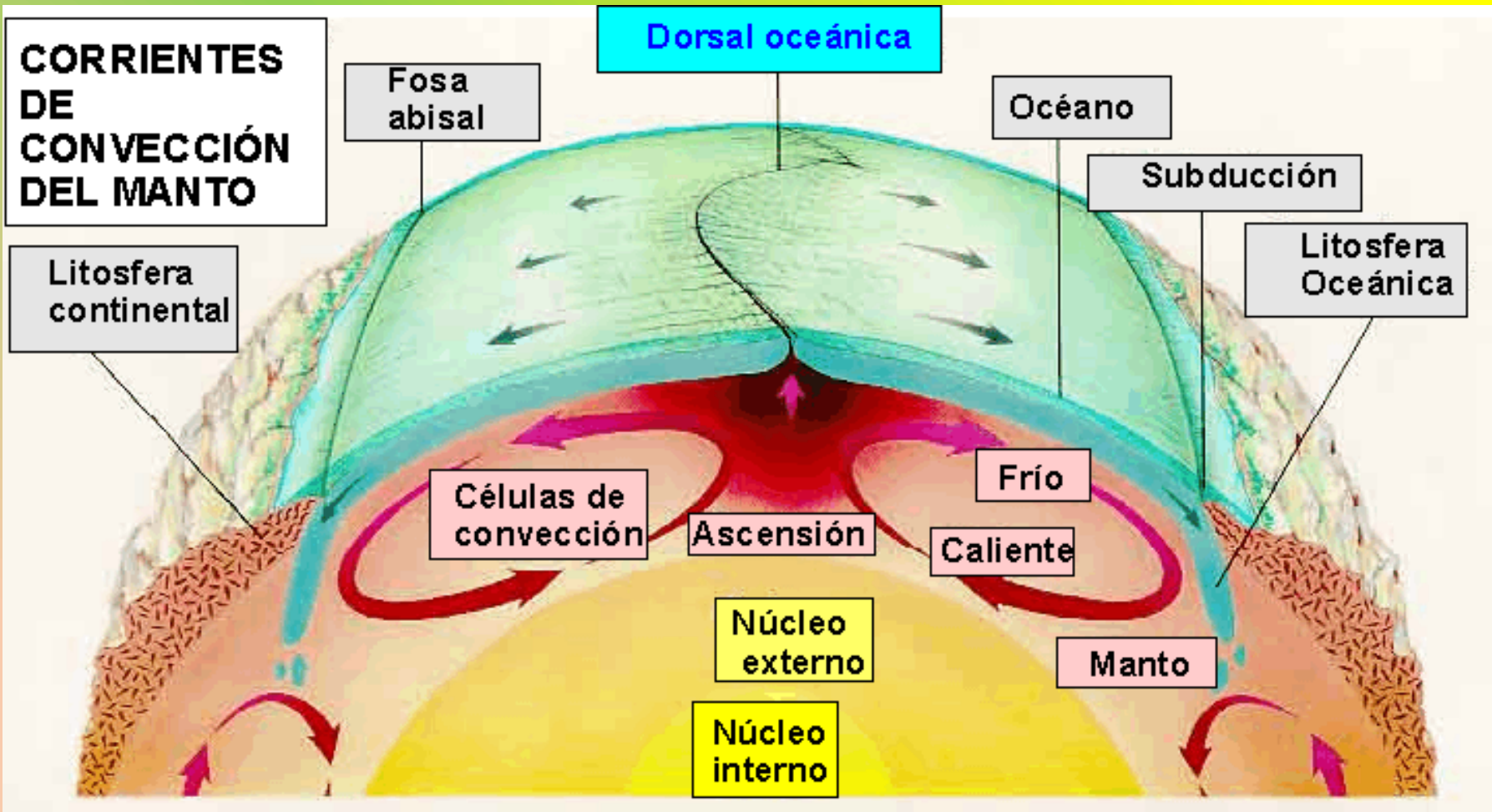
Temperatures
in Celsius

Depth in
kilometers



**Temperatura en la base de la corteza (25-50km)
200°-1000°C**



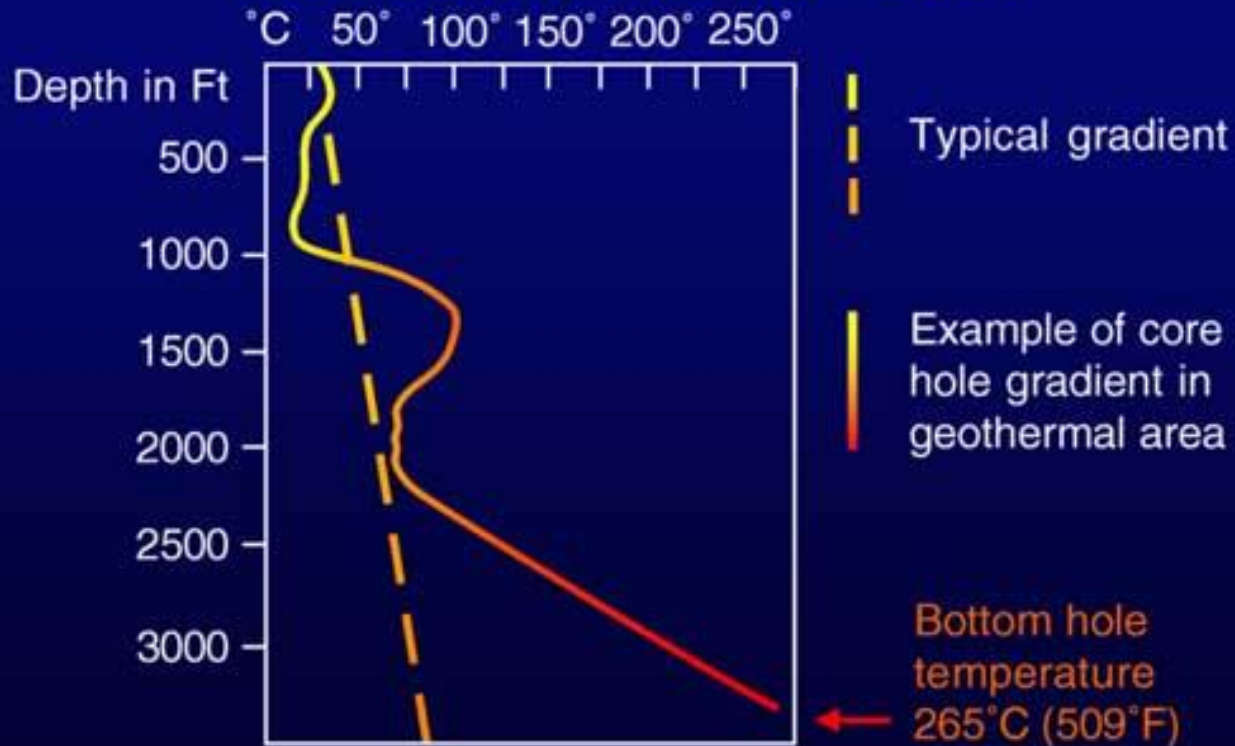


La energía perdida desde el interior de la Tierra por los procesos descritos es estimada en el orden de $\sim 3 \times 10^{38}$ ergios.

La diferencia entre esta y la cantidad de energía ganada por la Tierra durante su evolución ($\sim 5 \times 10^{38}$ ergios) es de $\sim 2 \times 10^{38}$ ergios (energía actual del reservorio en la Tierra).

Dicha energía se ve reflejada por el aumento de temperatura con la profundidad (gradiente geotérmico)

Temperature Gradient Data



El gradiente geotérmico ($\Delta T/\Delta Z$) a profundidades < 10 km varía entre 9-45°C/km.
El valor promedio del gradiente geotérmico es de 3°C/100m. ($\approx 1^\circ$ cada 33 m)

El calor telúrico es conducido hacia arriba, a través del manto, con un flujo promedio de 63 milivatios por metro cuadrado (mW/m^2), **el cual es demasiado difuso para aplicaciones prácticas**. Sin embargo la corteza no es homogénea y transmite más calor en lugares especialmente delgados o compuestos de materiales de alta conductividad.

Los fluidos y magmas que suben a través de la corteza a los largo de fracturas, principalmente en los bordes de las placas litoféricas, llevan grandes cantidades de calor hacia la superficie produciendo zonas de anomalías térmicas que en ciertos casos pueden ser de dimensiones planetarias.

Por otro lado el agua subterránea, localmente, al ser calentada por una fuente puntual de calor, forma asimismo sistemas convectivos que transportan hacia arriba el calor de las profundidades; si además se da la condición de tener estratos de roca porosa o fracturada, limitadas por rocas impermeables, se obtiene un "Reservorio Geotérmico";

La Energía geotérmica constituye un recurso natural aprovechable **únicamente** donde el calor esta **anormalmente concentrado**, ya sea dentro de áreas restringidas, como la de una fuente termal o de una región del orden de kilómetros.

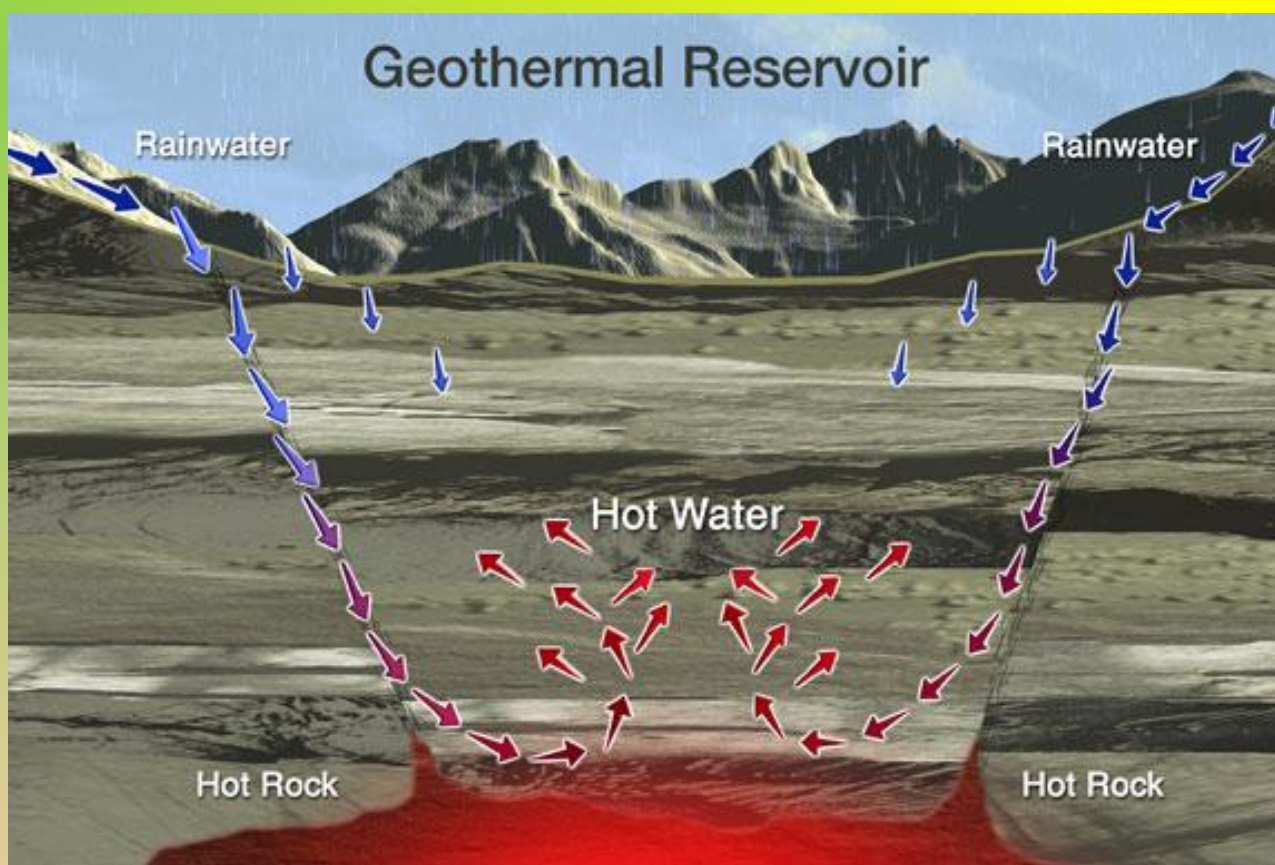
El conocimiento sistemático de los procesos terrestres, permite pronosticar la ubicación de zonas favorables para la exploración geotérmica.

Es así que usualmente se centra la atención en los terrenos con un alto flujo de calor, cerca de volcanes jóvenes, de fuentes termales y próximos a fallas geológicas. **En general, estas condiciones se producen cerca de las zonas de contacto entre las placas corticales.**

Anomalías geotérmicas por procesos geológicos:

- **intrusiones magmáticas**
- **sistemas hidrotermales.**
- **diferencias de flujo calórico regional.**
- **variaciones en la conductividad térmica.**
- **concentración de elementos radiactivos.**
- **infiltración de agua a gran profundidad por estructuras geológicas favorables.**

SISTEMAS GEOTERMALES

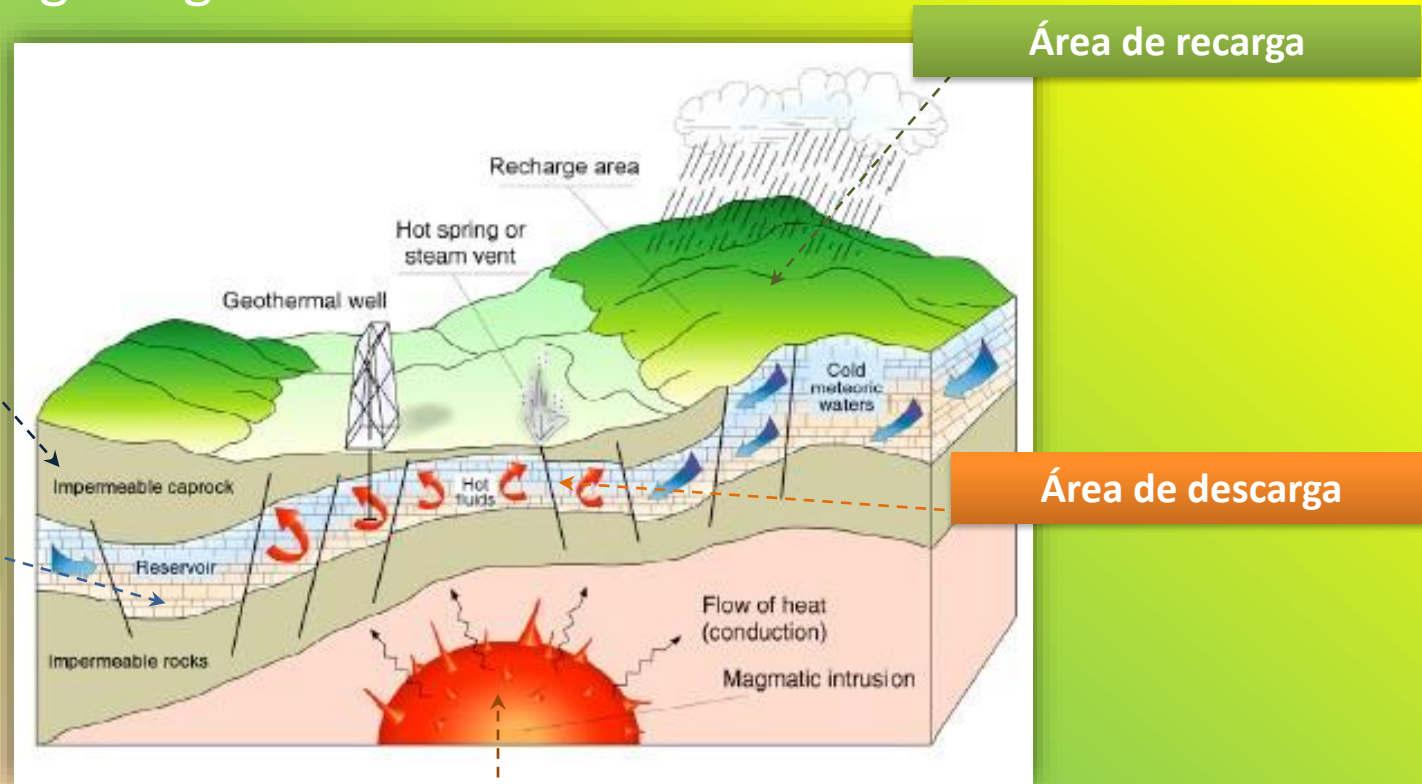


En ellos el calor de la Tierra está suficientemente concentrado como para constituir un recurso energético. Están constituidos por una fuente de calor importante

- áreas de recarga y de descarga hídrica
- un reservorio (rocas porosas capaces de almacenar fluidos)
- una cubierta impermeable o sello

Elementos de un sistema geotermal

- T °C reservorio
- V³
- Balance hidrogeológico



Sello

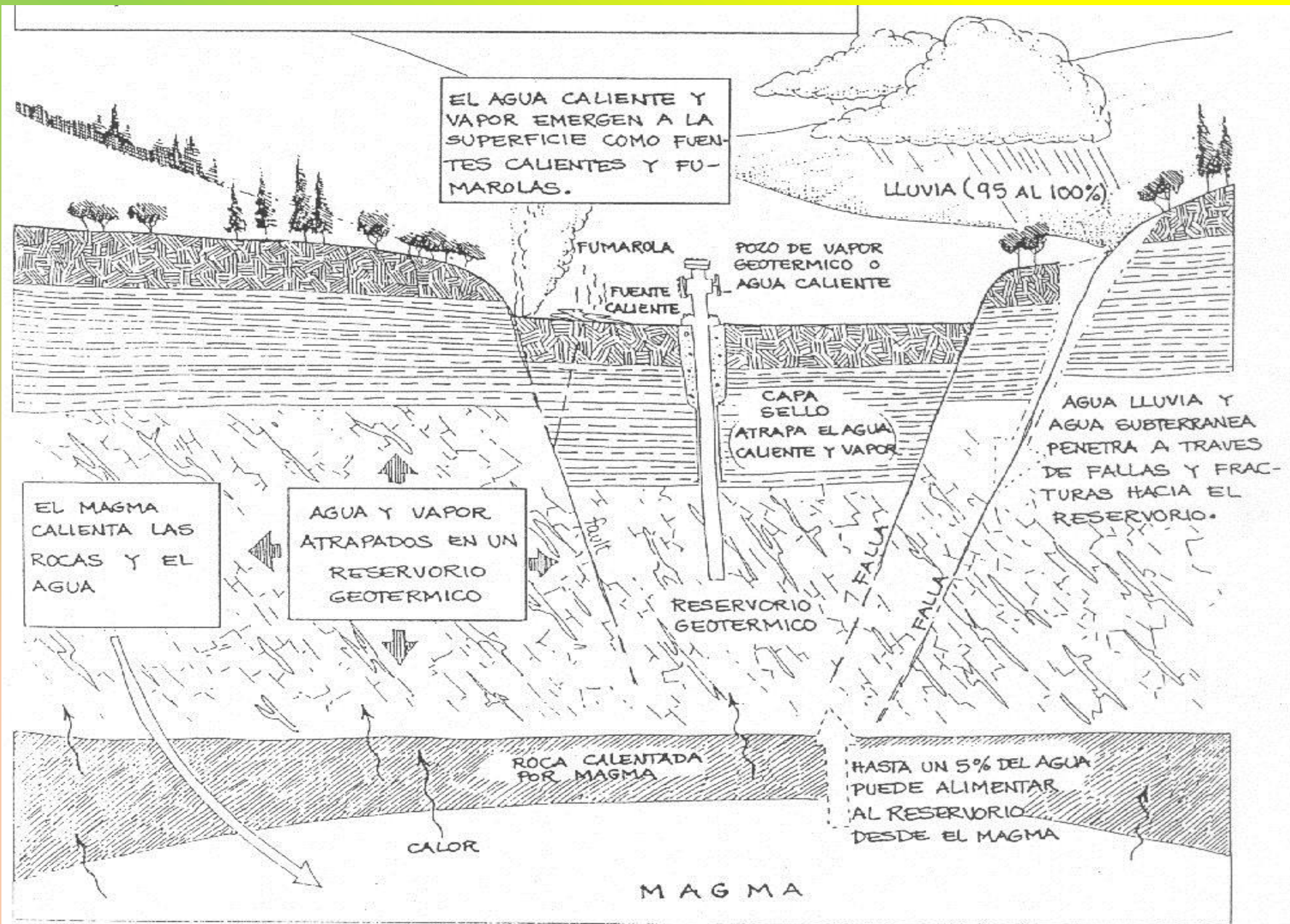
Área de recarga


Área de descarga

Reservorio

Fuente de calor: e.g., intrusión magmática, gradiente geotérmico

SISTEMA GEOTERMAL





Concentración natural de calor localizada en la corteza terrestre, en zonas particularmente favorables, que puede ser utilizada en forma directa o transformada en energía mecánica o eléctrica.



RECURSO GEOTERMAL

SISTEMA GEOTERMAL



1.- *¿Qué es un sistema geotermal ?*

2.- *Geotermia de baja y alta entalpía*

3.- *Tipos de sistemas geotermiales*

4.- *Ejemplos de sistemas geotermiales (2 entre otros)*

¿dónde?

AGUAS
TERMALES



Concentración natural de calor localizada en la corteza terrestre, en zonas particularmente favorables, parcialmente extraíble por medio de circulación natural o artificial de fluidos, que puede ser utilizada en forma directa o transformada en energía mecánica o eléctrica.

¿dónde?,

cómo encontrarla ?

Con cuáles métodos ?

Se verá en las charlas y temas que siguen !

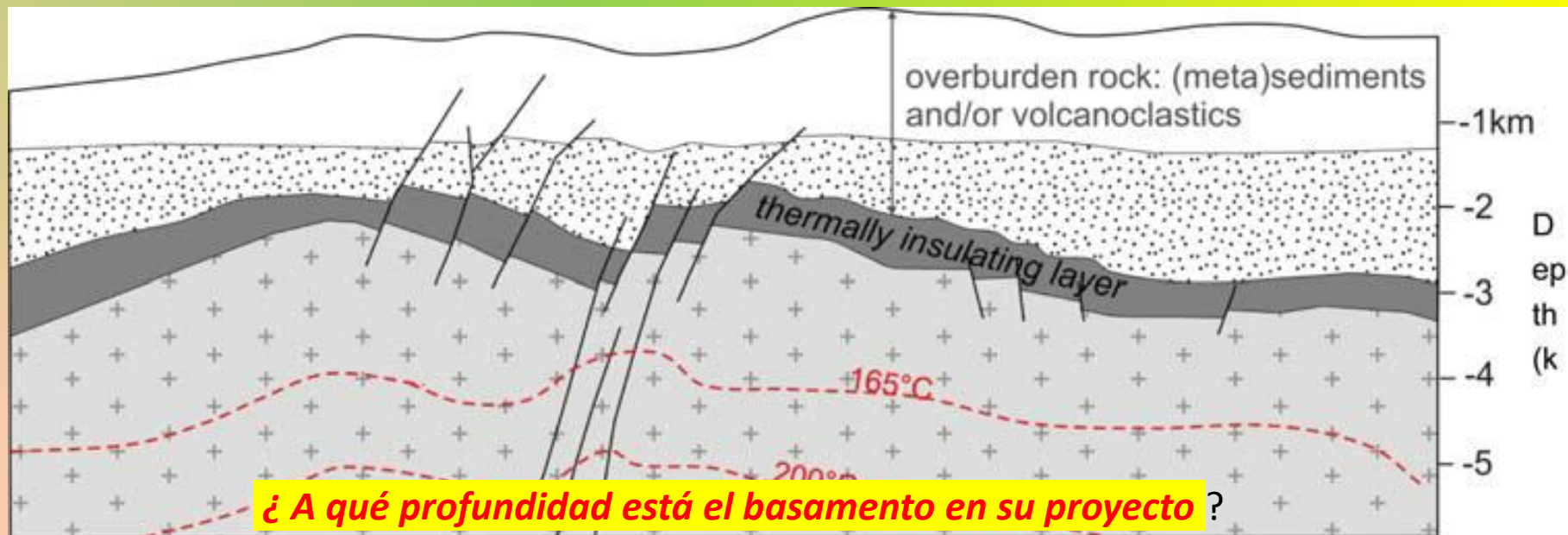
¿ Que debemos tener en cuenta y que estudios debemos realizar para la definición de un objetivo geotérmico?



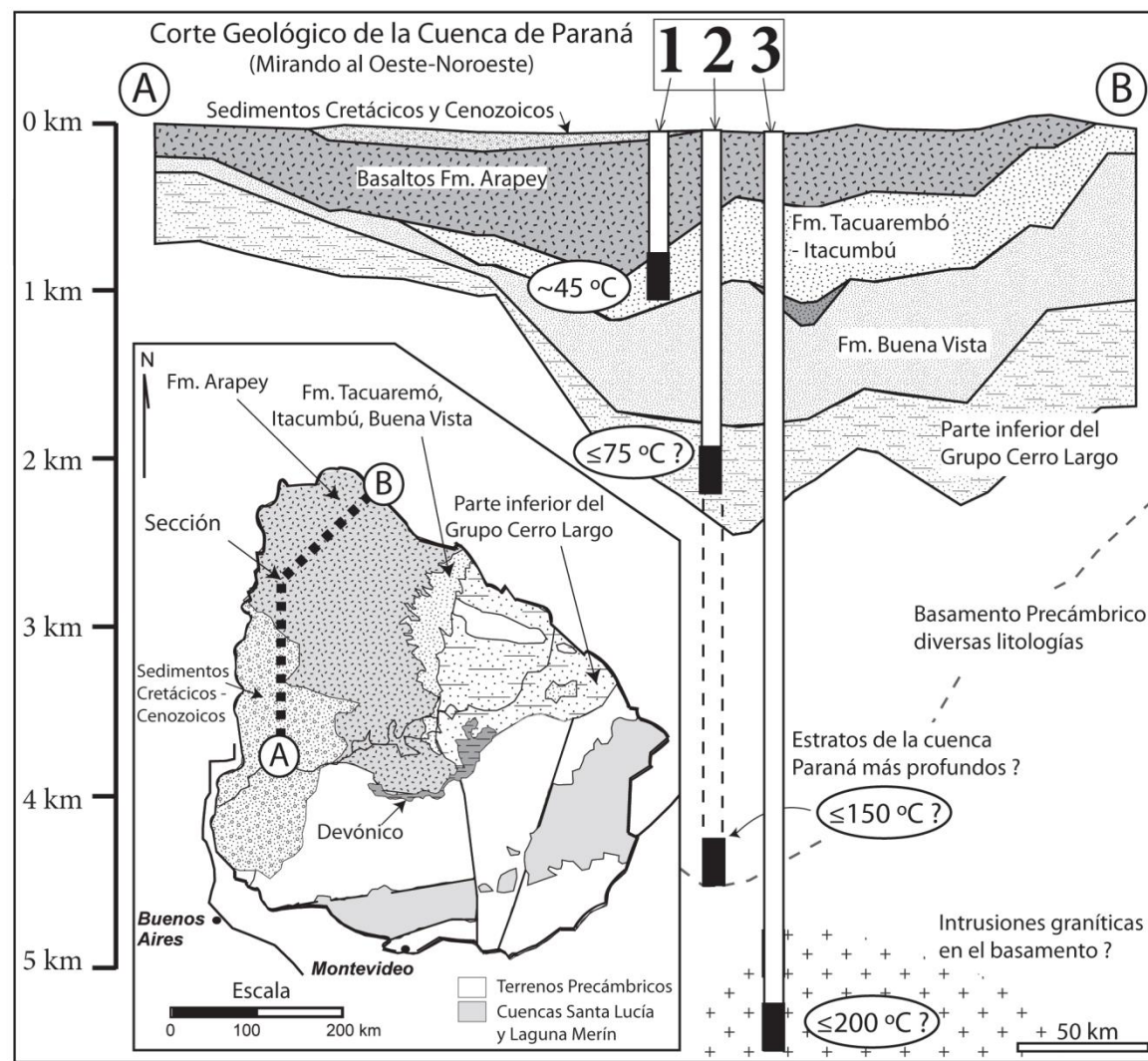
Se verá en las charlas y temas que siguen !

Sistemas asociados a rocas del basamento

El rasgo clave que define los sistemas geotermales asociados a basamento es la presencia de rocas cristalinas (normalmente granitos) con una muy baja porosidad y permeabilidad primaria, pero con una gran cantidad de energía térmica. Estos sistemas suelen ser llamados petro-termales o *hot dry rock*. Requieren desarrollos con técnicas EGS para inducir la circulación de fluidos. La fuente de calor es fundamentalmente de **origen radiogénico producidos por elementos como potasio, torio y uranio**.



Guaraní: Sistema asociado a cuenca intracratónica



**DENTRO DE LAS ENERGÍAS
LIMPIAS (SOLAR, EÓLICA,
BIOMASA, ETC)**

**LA ENERGÍA GEOTÉRMICA ES
LA ÚNICA CONSIDERADA DE
“BASE”, YA QUE GENERA 24
Hs x 365 DÍAS AL AÑO**

GEYSERS

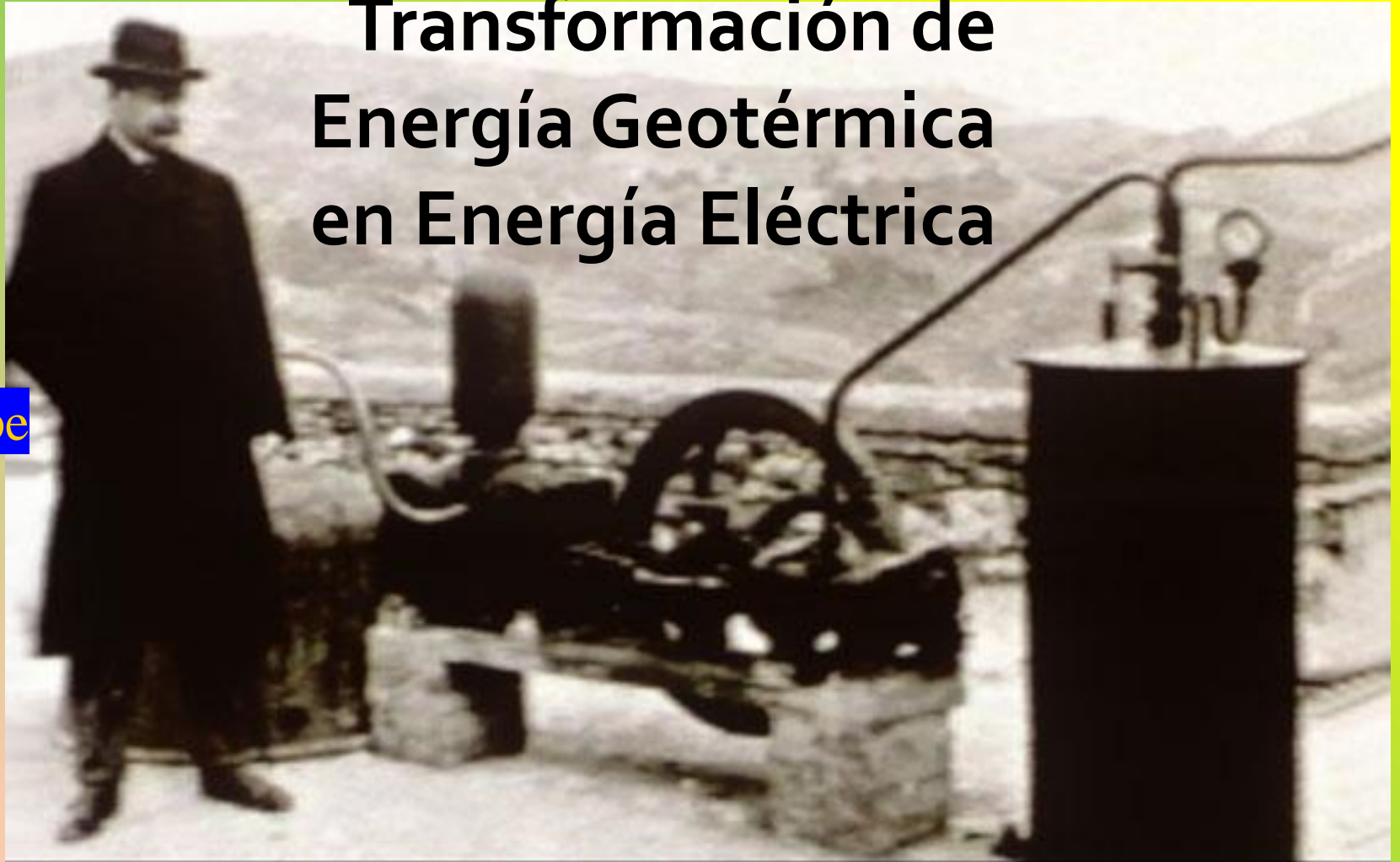


**CASTLE
GEYSER,
YELLOWSTONE
PARK**



Geothermal Power Plants

Transformación de Energía Geotérmica en Energía Eléctrica



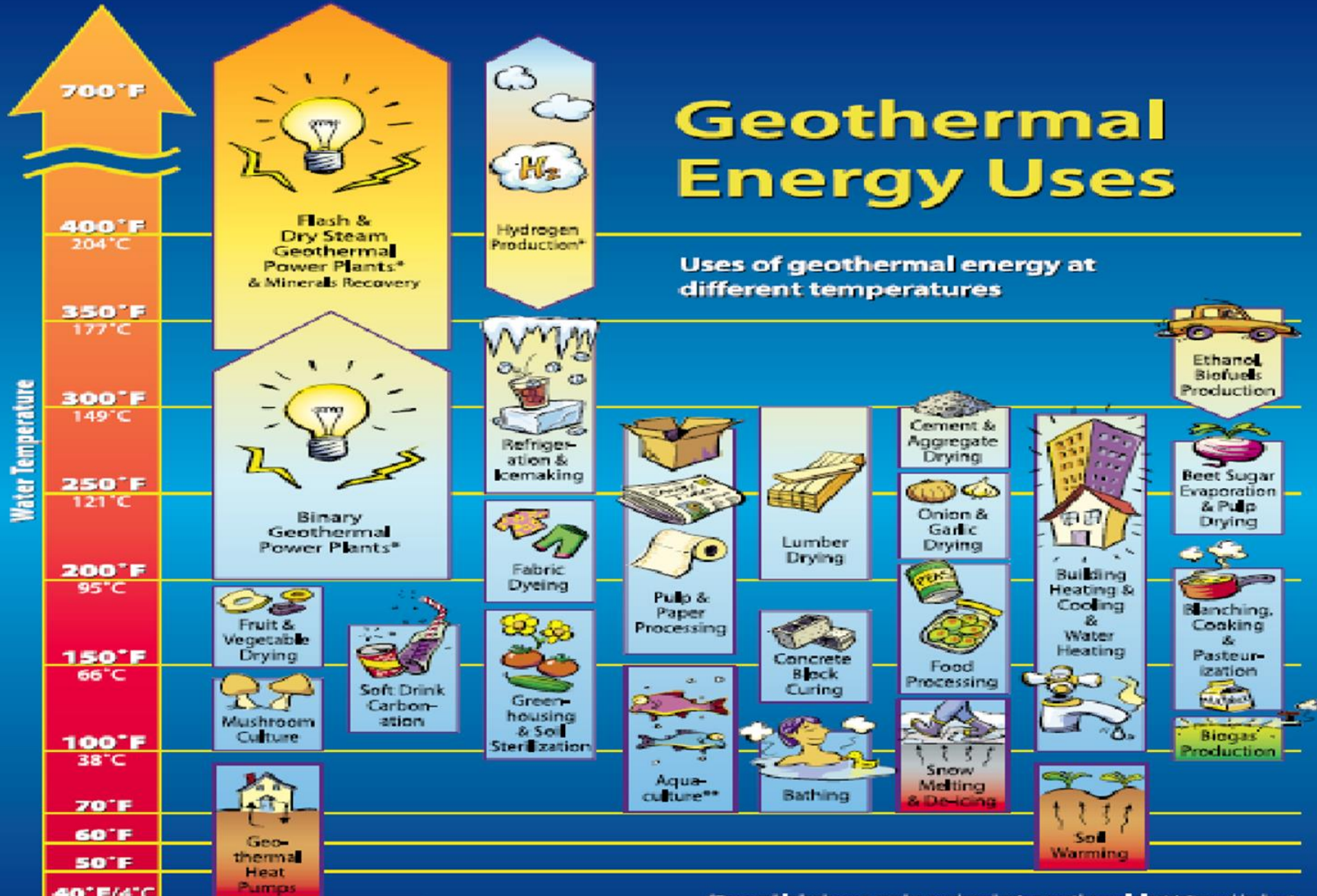
First Geothermal Power Plant, 1904, Larderello, Italy

Príncipe
Piero
Ginori
Conti

La producción de energía eléctrica es la más conocida, sin embargo ...

Geothermal Energy Uses

Uses of geothermal energy at different temperatures



*Renewable hydrogen can be produced using geothermal electricity and/or heat.
 **Cool water is added as needed to make the temperature just right for the fish.

- Desde el punto de vista termodinámico se trata de ciclos Rankine. Se transforma energía térmica en energía mecánica y ella en eléctrica.
- Hay que identificar el fluido que evoluciona, la fuente caliente y el elemento que transfiere la energía térmica al sistema, la fuente fría y el elemento que extrae energía térmica del sistema y la máquina que transforma la energía térmica en mecánica.

FIGURE 4: TOP COUNTRIES PER GEOTHERMAL GENERATING CAPACITY AT END-2015 (GW)

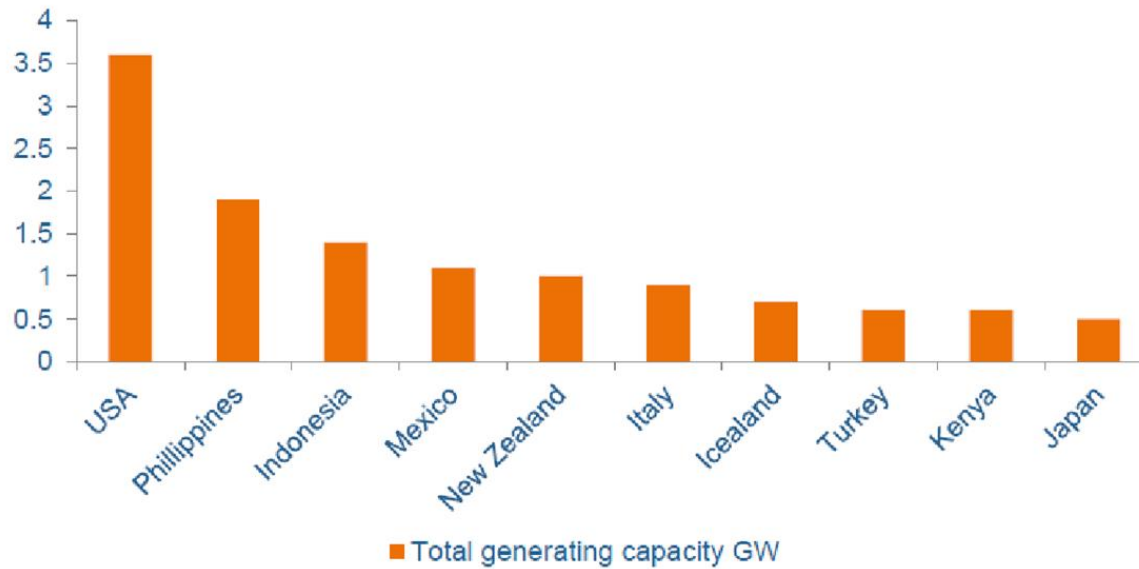


FIGURE 5: TOP COUNTRIES THAT UTILISE THE MOST DIRECT GEOTHERMAL HEAT IN 2015

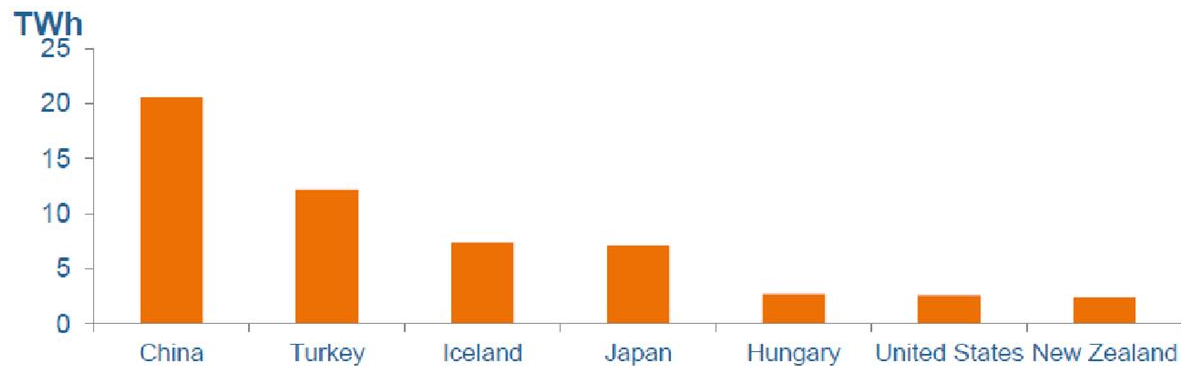
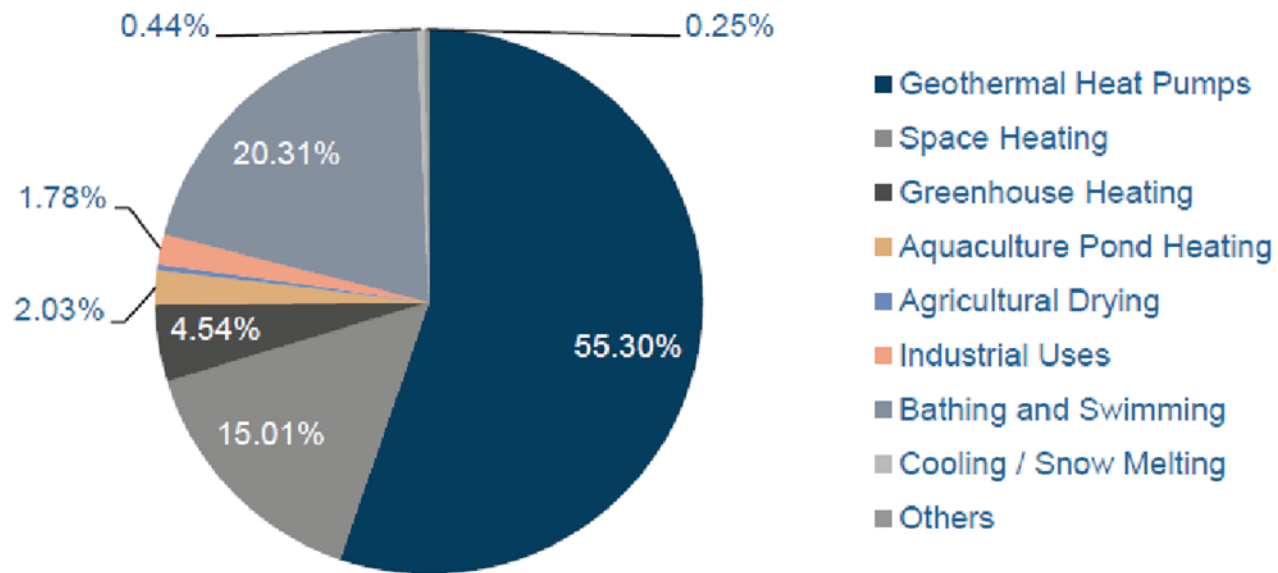
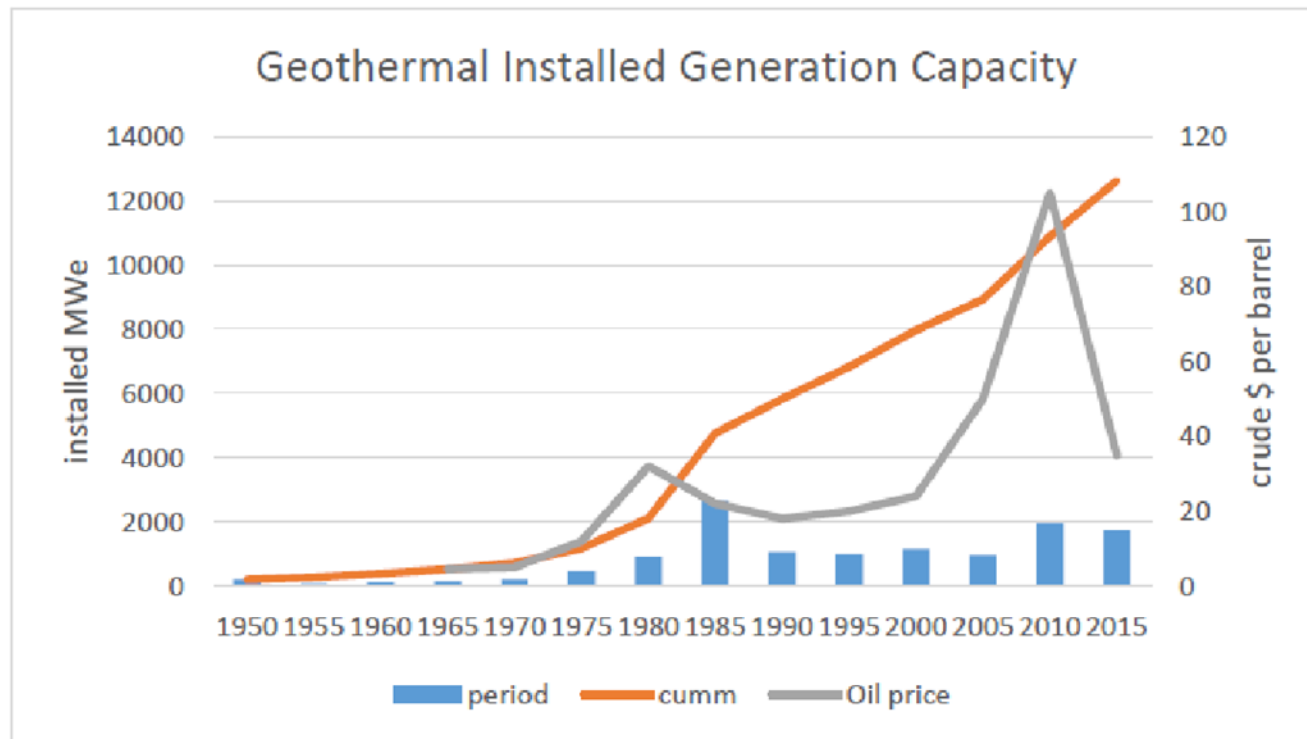


FIGURE 7: GEOTHERMAL DIRECT APPLICATIONS WORLDWIDE IN 2015, DISTRIBUTED BY PERCENTAGE OF TOTAL ENERGY USED (TJ/YEAR)



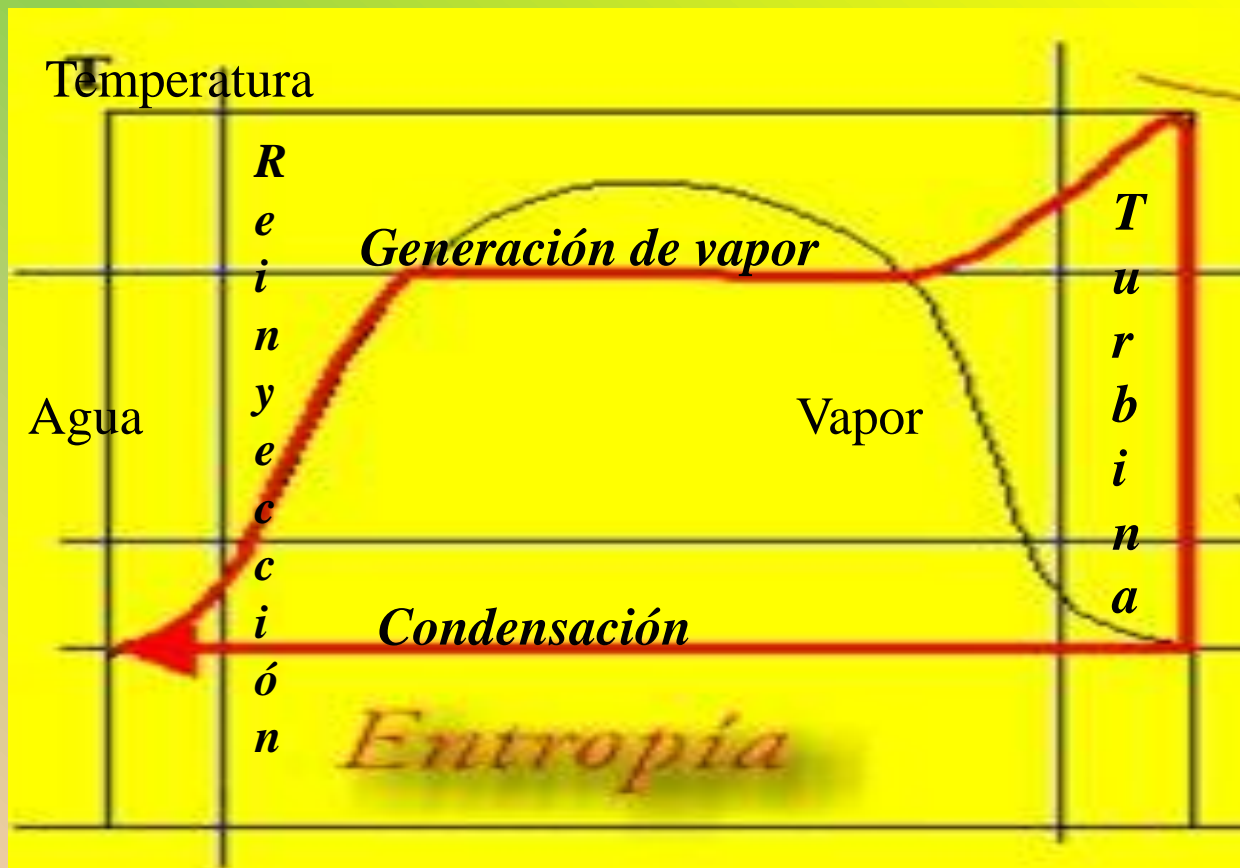
Source: Lund and Boyd (2015)

FIGURE 2: GEOTHERMAL GENERATION CAPACITY GROWTH

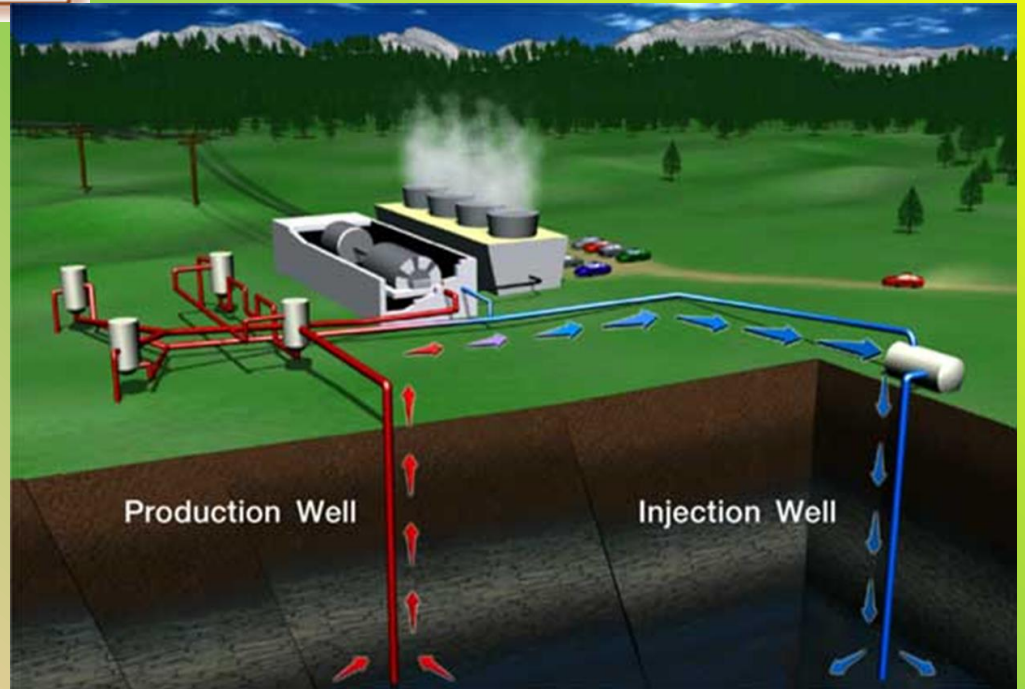
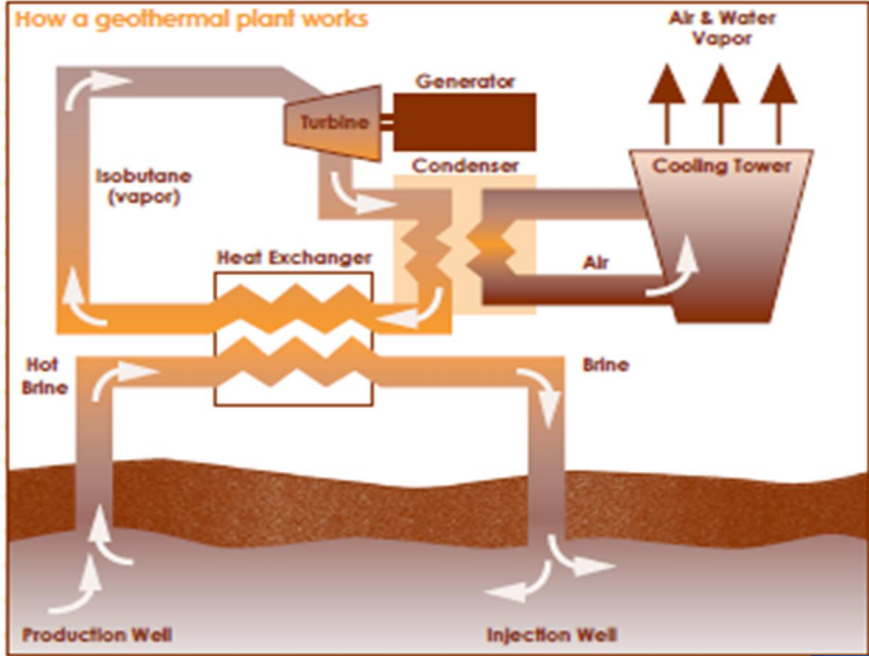


Source: IGA

	Costo actual de la energía US¢/kWh	Posible costo futuro de la energía US¢/kWh	Costo de la planta a la entrega US\$/kW
Biomasa	5 - 15	4 - 10	900 - 3000
Geotérmica	2 - 10	1 - 8	800 - 3000
Eólica	5 - 13	3 - 10	1100 - 1700
Solar (fotovoltaica)	25 - 125	5 - 25	5000 - 10 000
Solar (electricidad térmica)	12 - 18	4 - 10	3000 - 4000
Mareomotriz	8 - 15	8 - 15	1700 - 2500



How a geothermal plant works





Reykjavik Using Geothermal



Reykjavik Using Fossil Fuels

¿Impacto
ambiental
positivo o
negativo?



Muchas gracias.

¿Preguntas ?