



RED SUMAS Σ^+

"Sustentabilidad energética,
Medioambiente y Sociedad"



5^{to} Encuentro y 3^{er} Congreso Internacional de la Red SUMAS

RETOS Y OPORTUNIDADES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA, HÍDRICA Y ENERGÉTICA EN MÉXICO

La geotermia en México: retos y oportunidades

Gómez-Arias Efraín

Catedrático CONACYT-CICESE

gomezar@cicese.mx; egomezar@conacyt.mx

09 de octubre de 2019

Contenido

Introducción

Escenario geotérmico en México y el mundo

Oportunidades de la geotermia

Retos de la geotermia

Conclusiones

Introducción

“Geotermia”

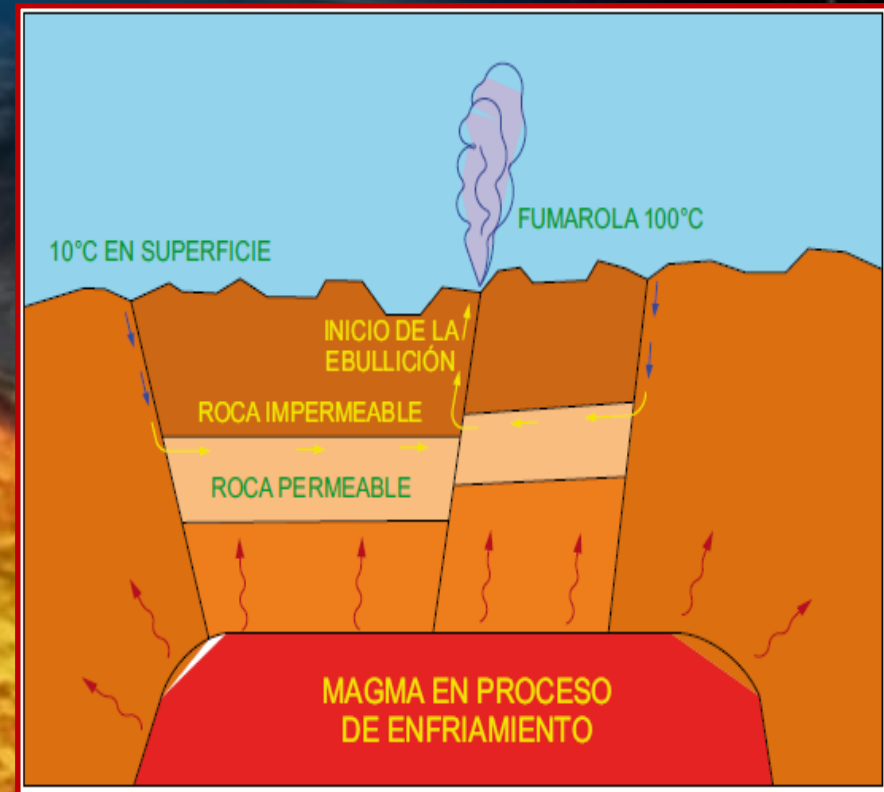
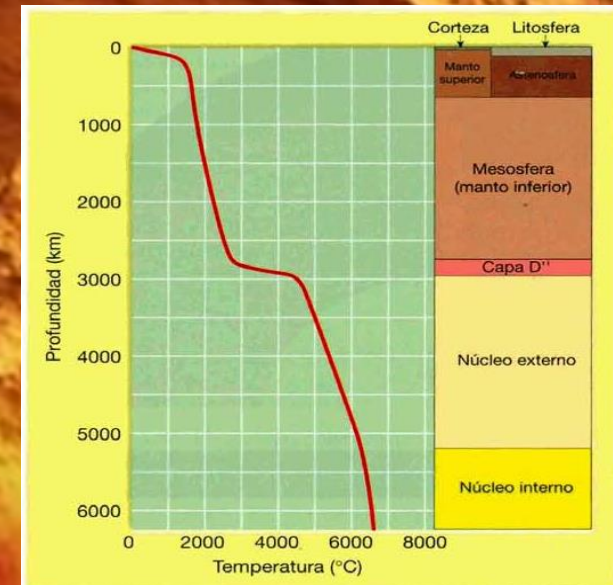
- **Decaimiento radioactivo** (^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K)
- **Fricción mecánica** (en la base de la litósfera)
- **Convección del manto** (transporte de calor a la corteza)

Gradiente geotérmico $\sim 33\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ($65\text{ mW}/\text{m}^2$):

*Decaimiento radioactivo ($37\text{ mW}/\text{m}^2$)

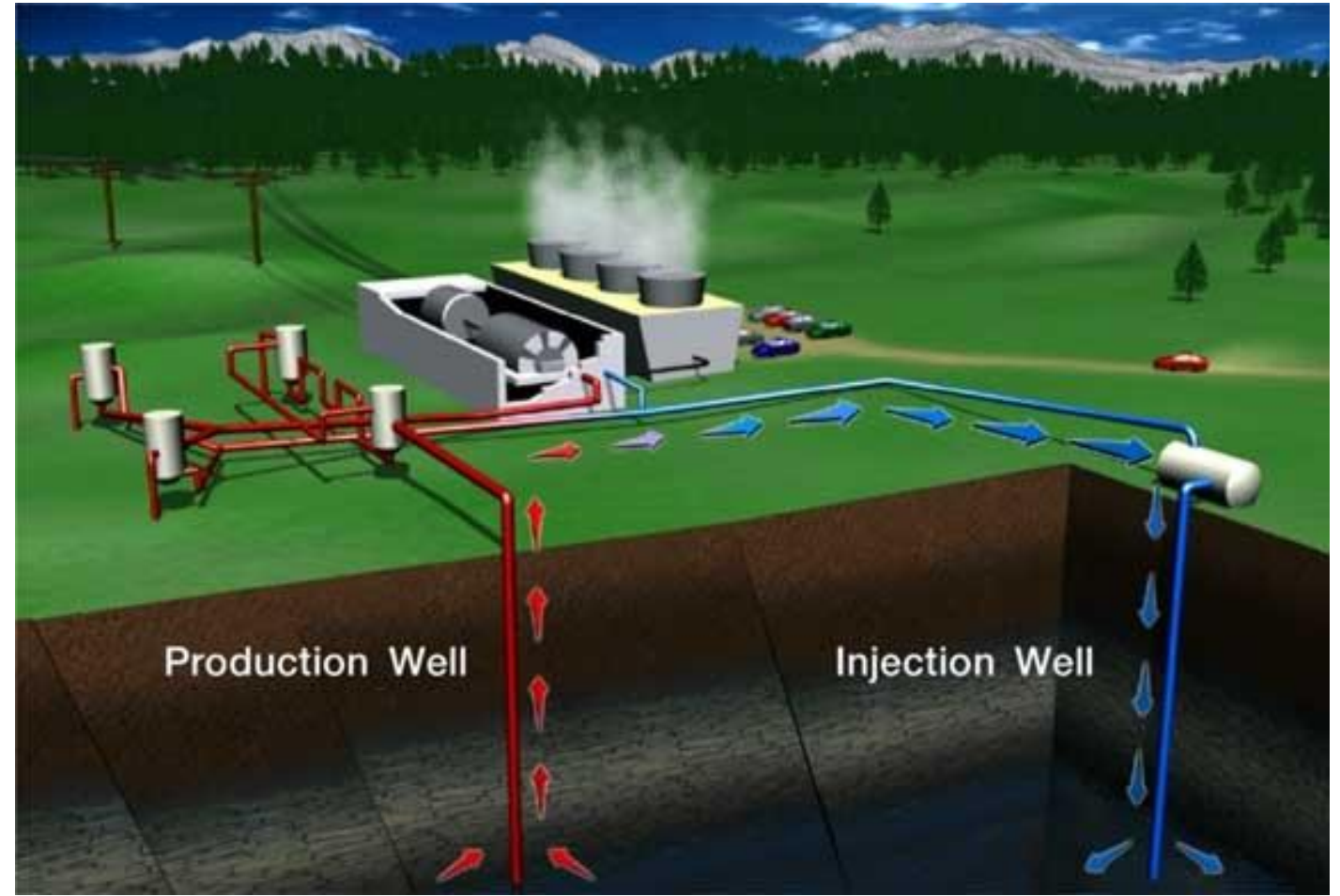
*Convección en el manto ($28\text{ mW}/\text{m}^2$)

**Transferencia de calor - principalmente por
Conducción “corteza”**



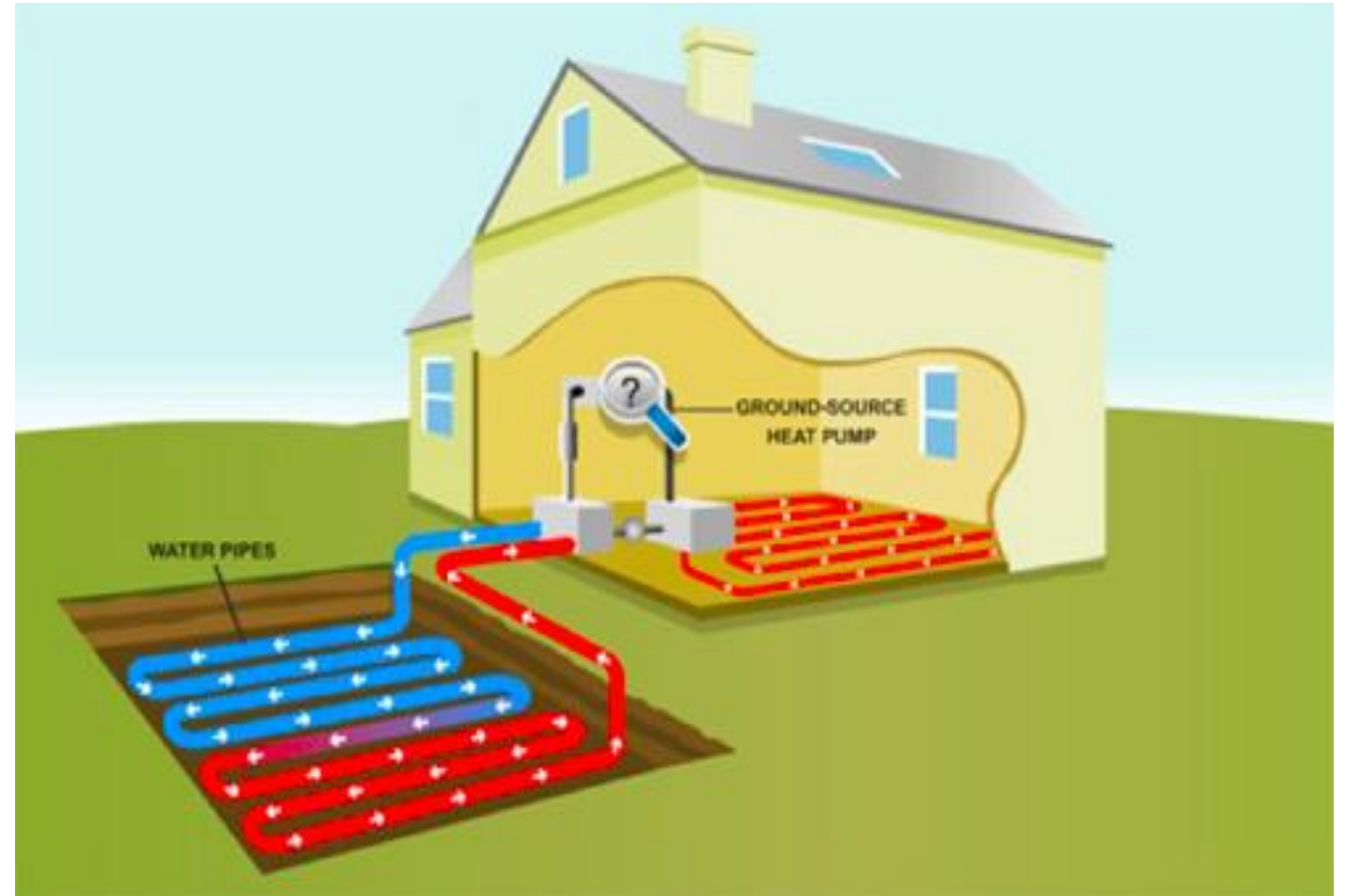
¿Para qué se usa la energía geotérmica?

- La energía geotérmica puede utilizarse de manera **indirecta** para **transformarse en energía eléctrica**, o bien
- **de manera directa** en cualquier aplicación o proceso industrial que utilice agua caliente o vapor.



¿Para qué se usa la energía geotérmica?

- La energía geotérmica puede utilizarse de manera **indirecta** para **transformarse en energía eléctrica**, o bien
- **de manera directa** en cualquier aplicación o proceso industrial que utilice agua caliente o vapor.



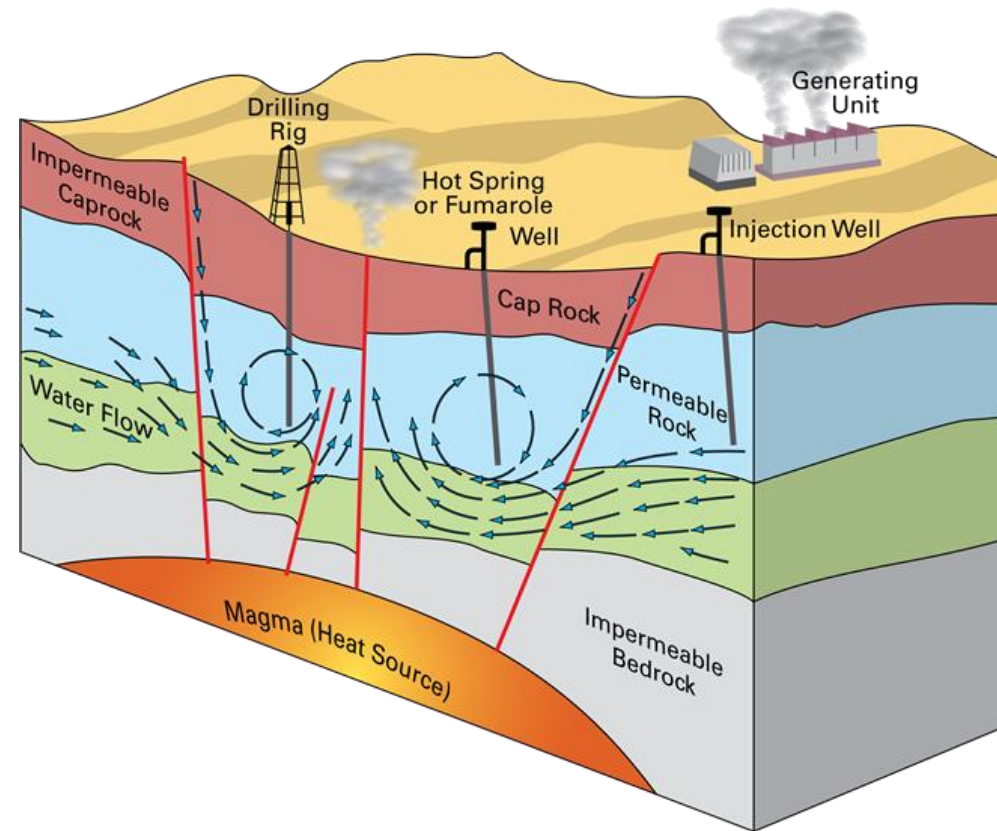
Generación eléctrica

Recursos de alta entalpía

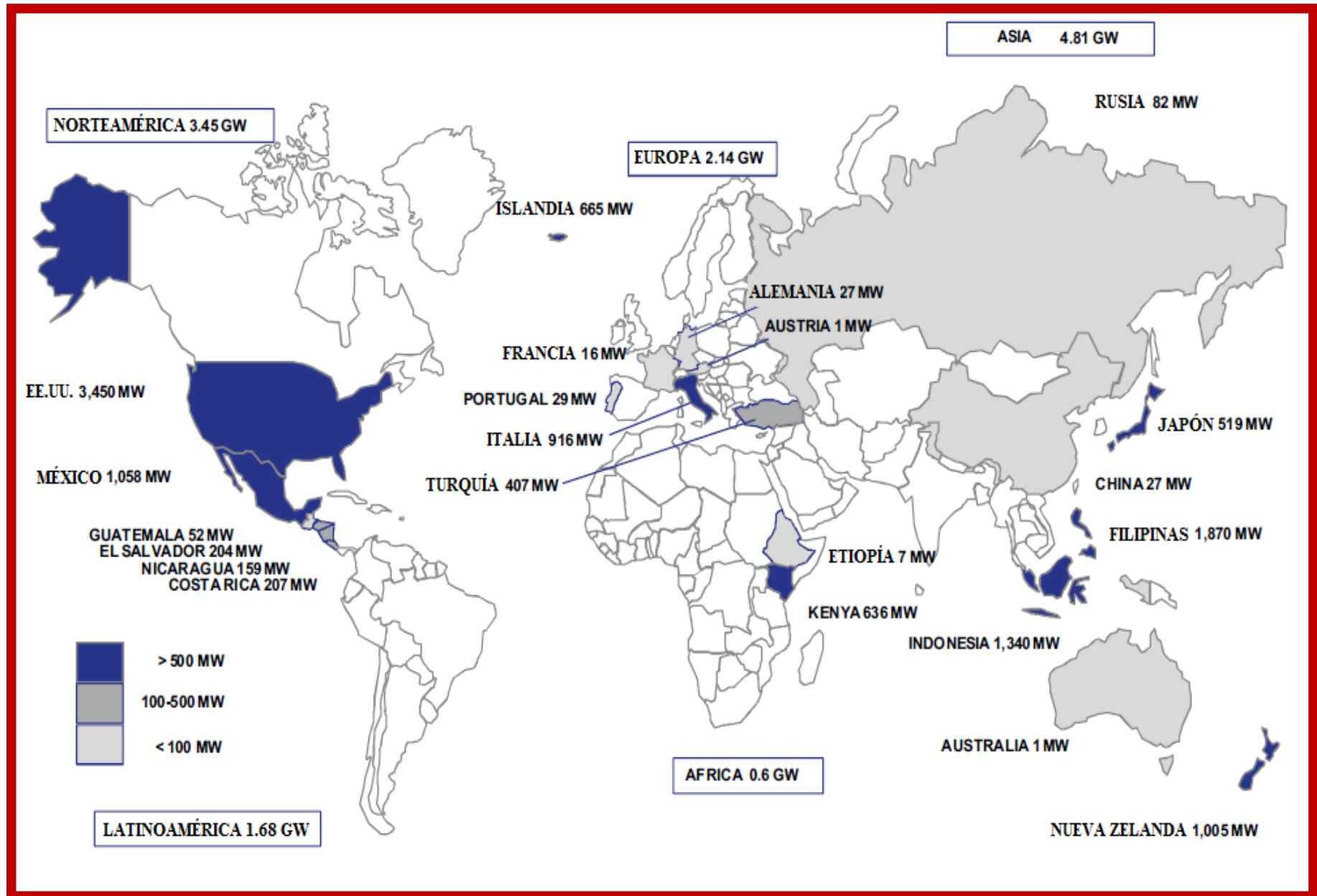
Condiciones Geológicas Particulares

Sistemas geotérmicos hidrotermales

- Fuentes de calor relativamente cercanas a la superficie (5 - 10 km): astenósfera somera, intrusivos jóvenes o cámaras magmáticas.
- Presencia de fluidos capaces de transportar el calor hacia la superficie.



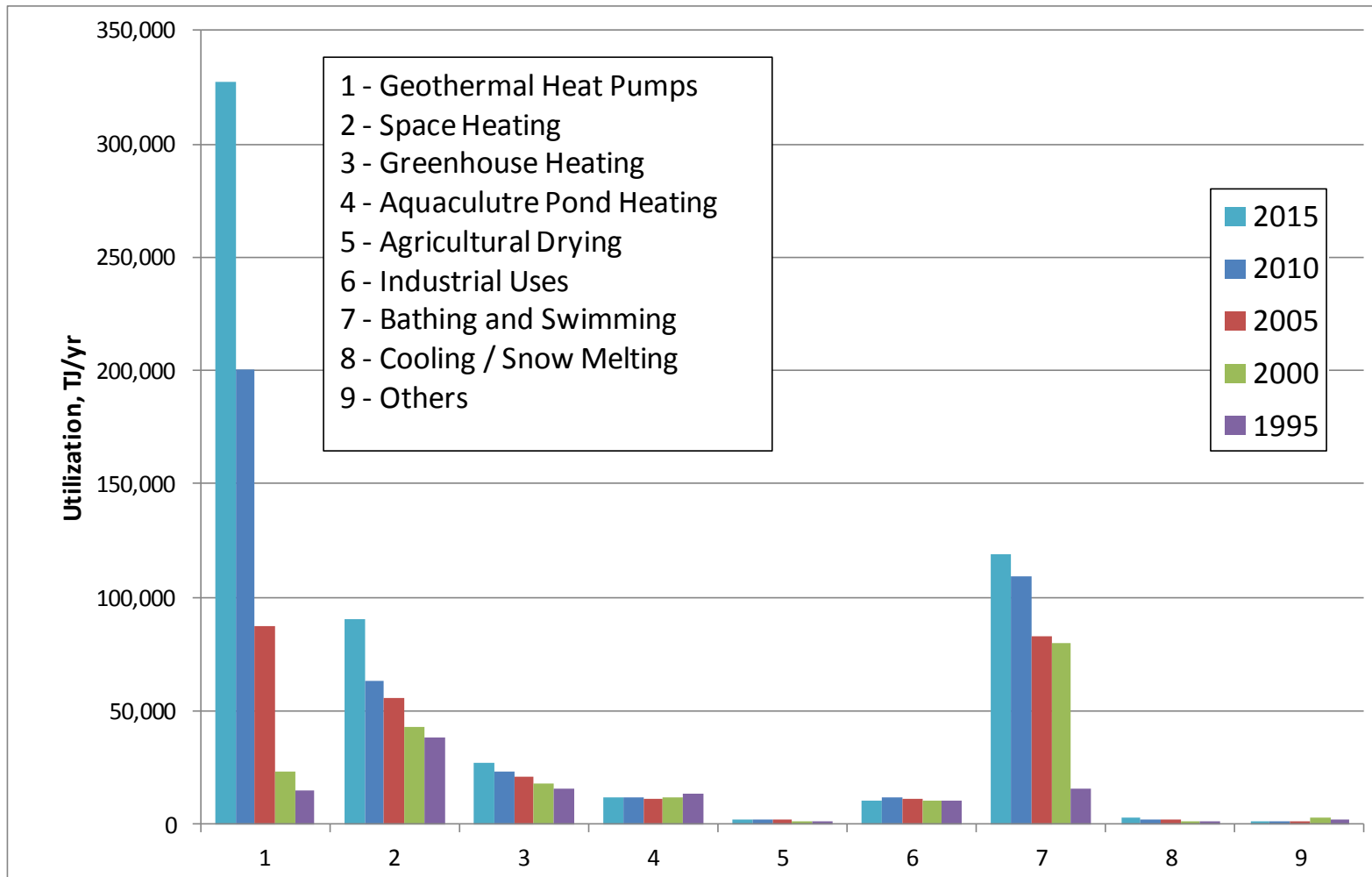
Escenario geotérmico en México y el mundo



Capacidad de energía geotérmica instalada en el mundo en 2015 [[12,729 MW](#)] (modificado de Bertani, 2016).

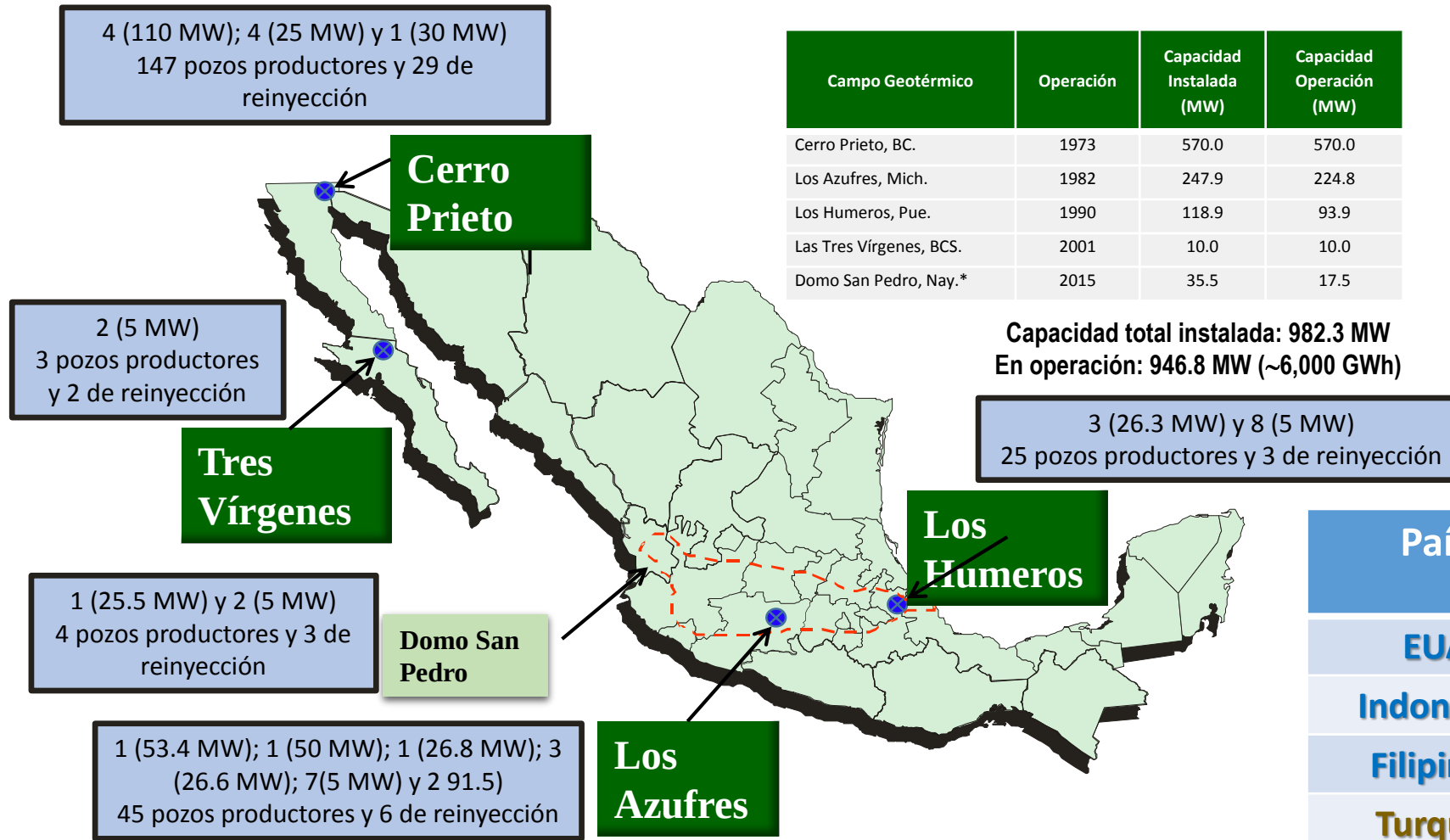
Utilización directa del calor geotérmico

Evolución mundial de distintas aplicaciones



Lund y Boyd, (2016)

Campos Geotérmicos en Operación (México)

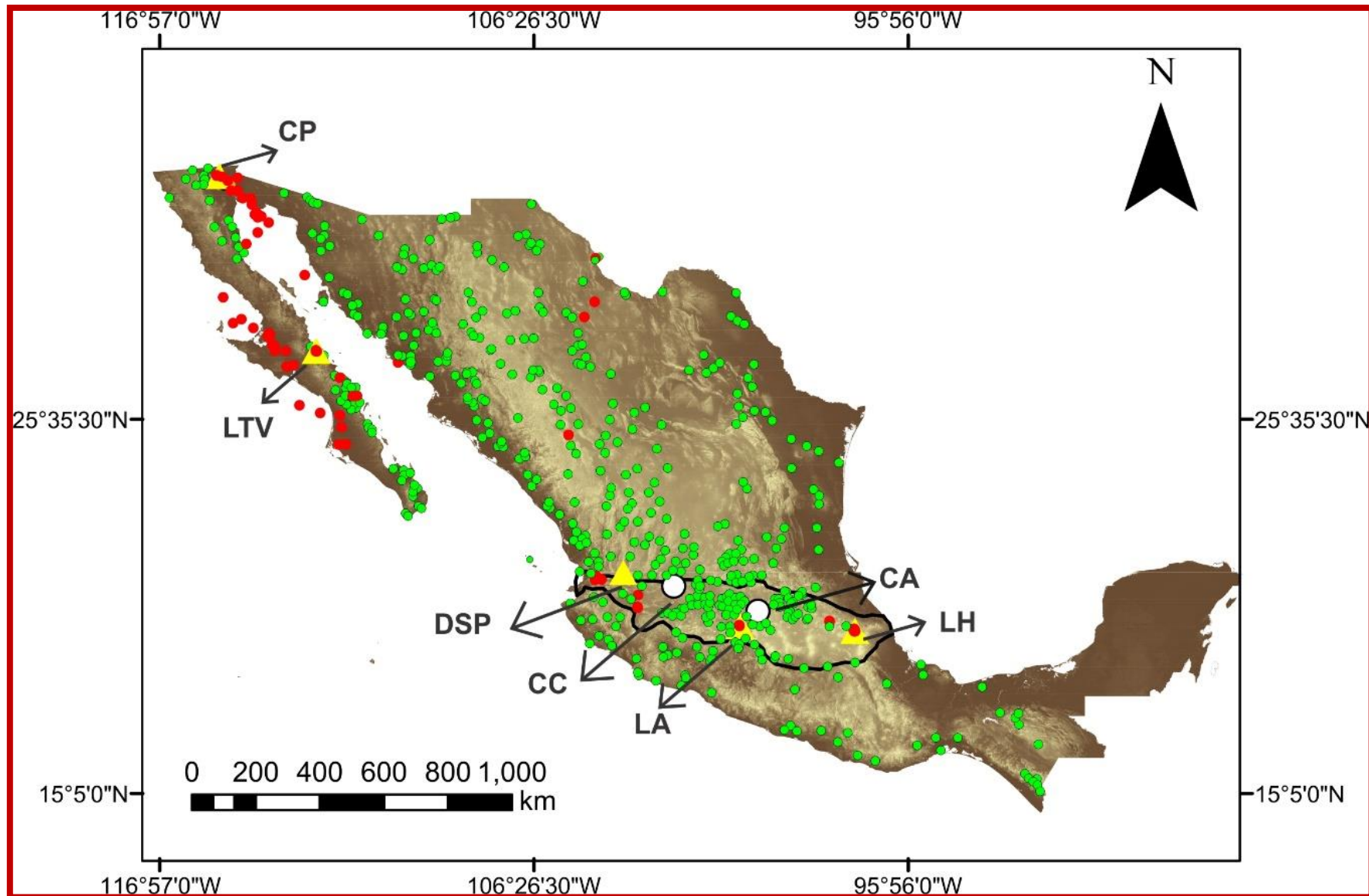


1.5 %

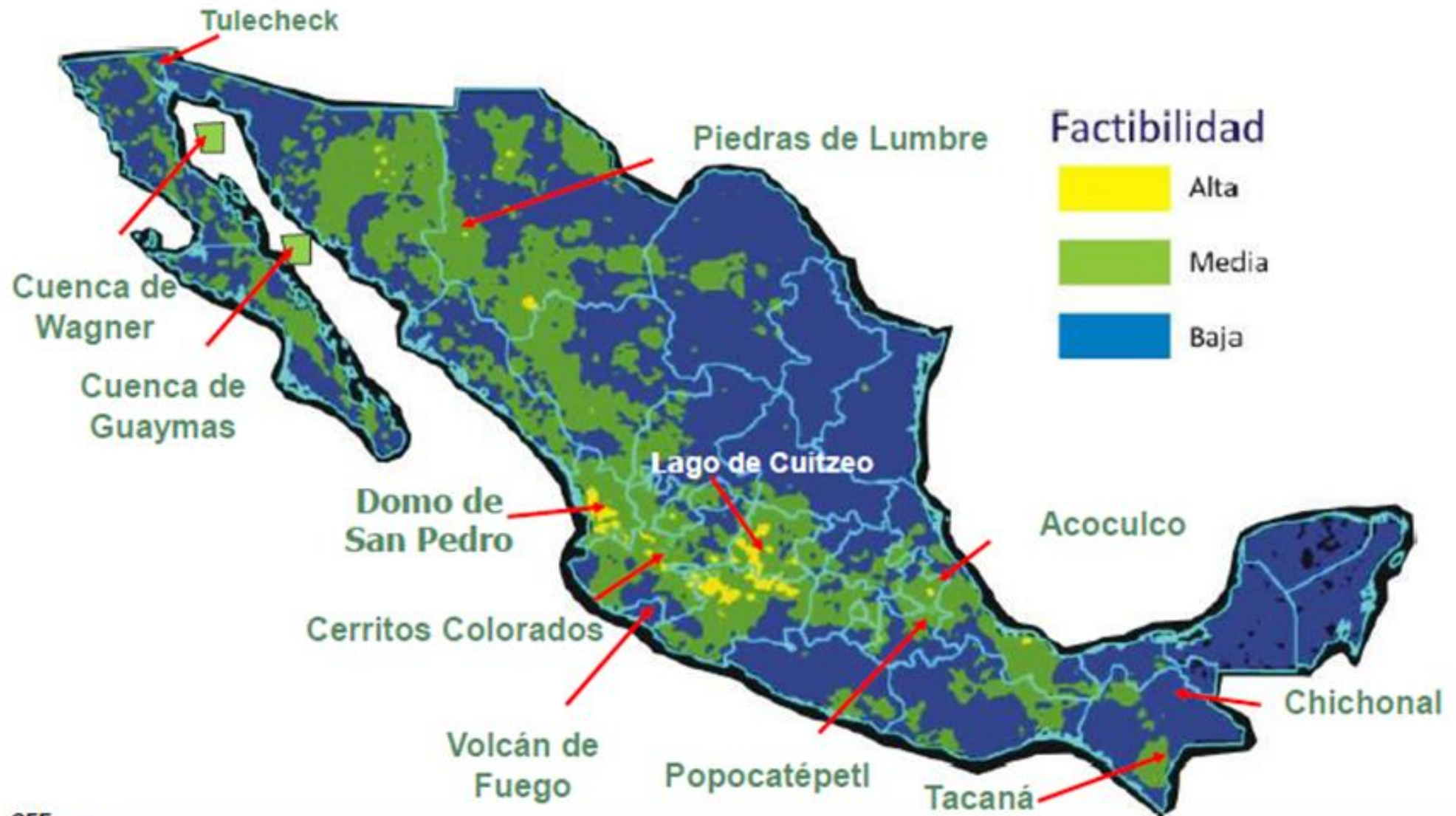
País	MW (Think Geo-Energy Research)
EUA	3639
Indonesia	1948
Filipinas	1868
Turquía	1347
N. Zelanda	1005
México *	946.8

(Cortesía Magaly Flores-Armenta, 2016; Romo-Jones et al., 2018)

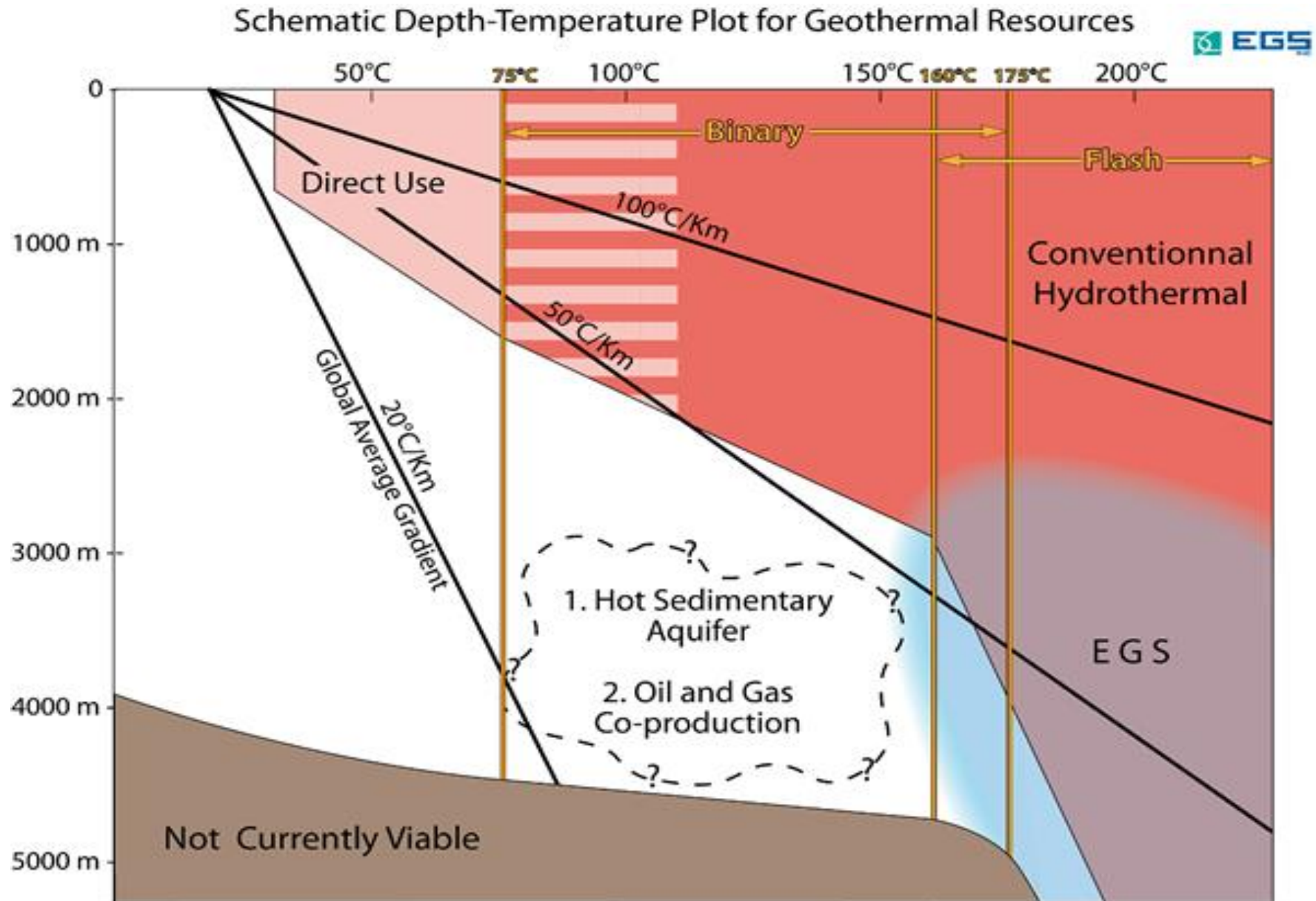
Oportunidades de la geotermia en México



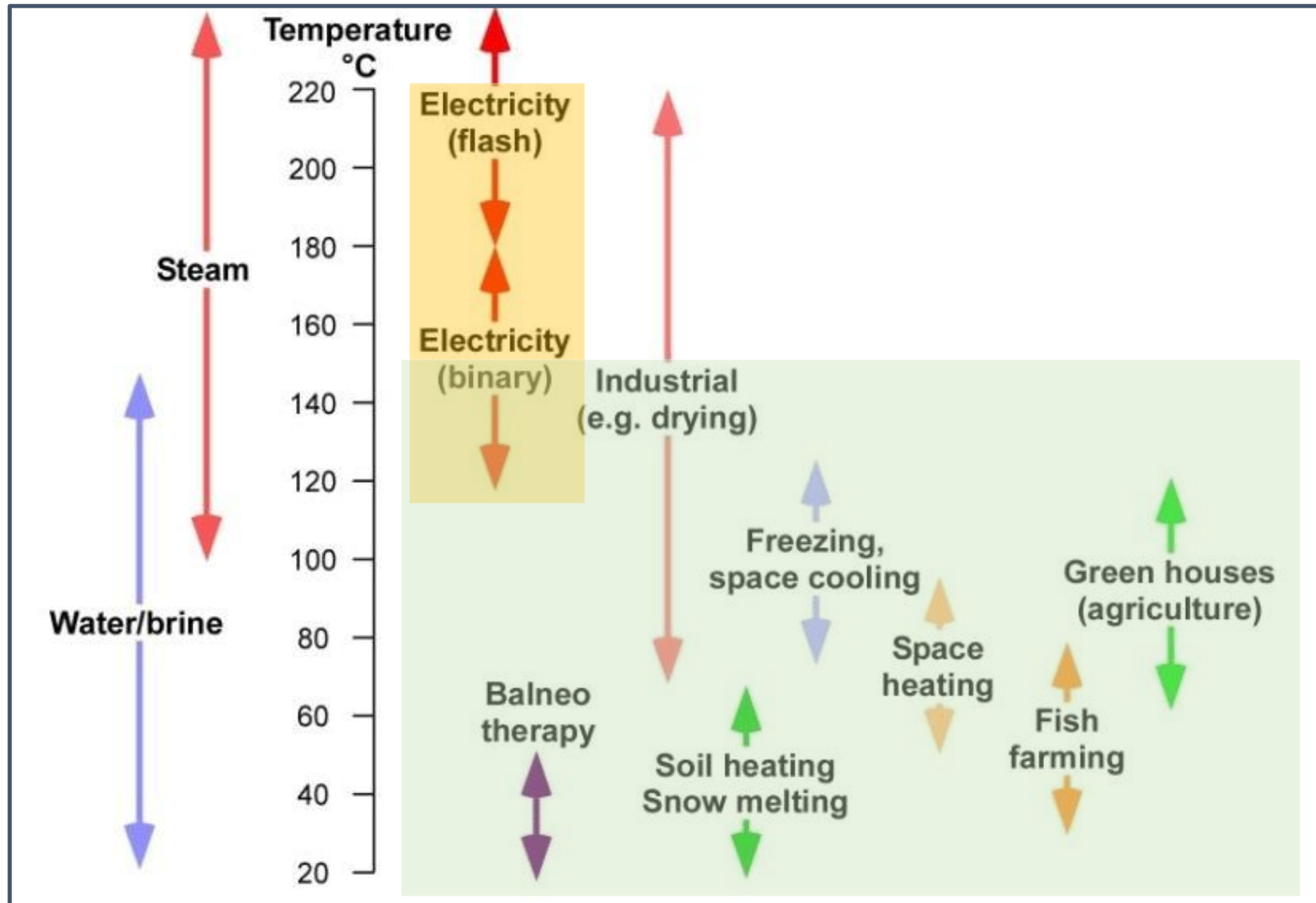
Áreas geotérmicas en exploración (CFE, 2015)



Utilización de acuerdo a la temperatura

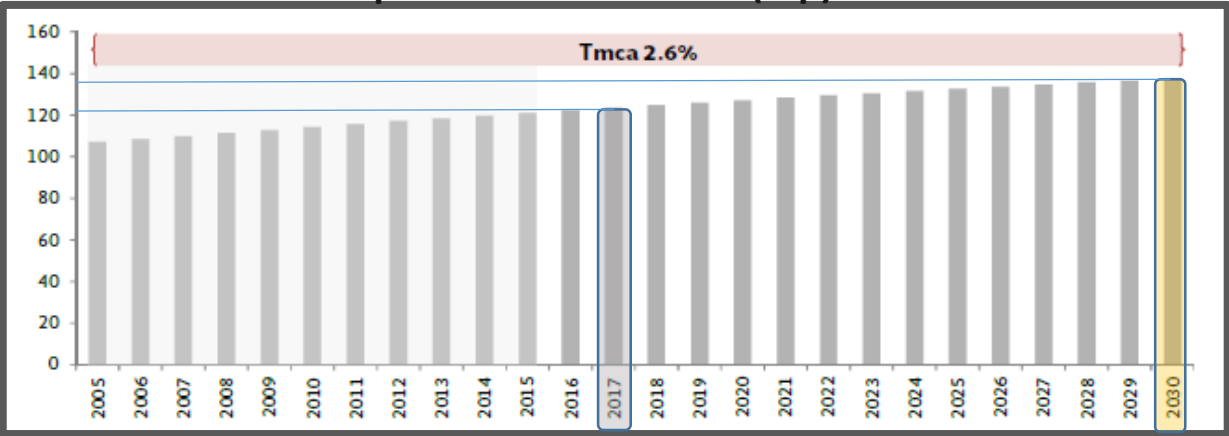


Utilización de acuerdo a la temperatura

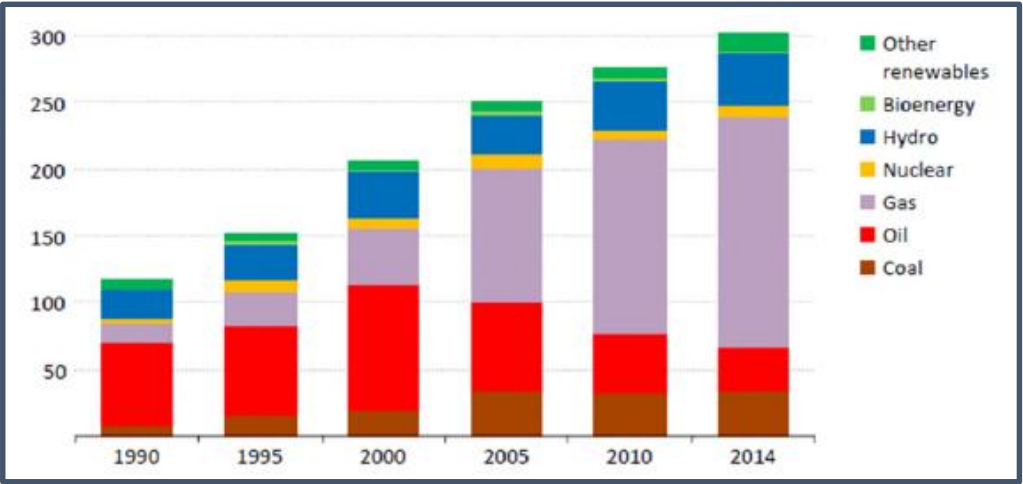


Fuentes energéticas en México

Pronóstico de población en México (mp) 2005-2030



Generación histórica por tipo de combustible



Evolución de las Energías Renovables 2005-2015



La **energía geotérmica** es una fuente de energía:

RENOVABLE: Siempre que la explotación del recurso se haga de una forma racional (recarga $\geq$ extracción).

SUSTENTABLE: Cumplir con las necesidades de la población actual sin comprometer a las generaciones futuras.

VENTAJAS

- La mayoría de las plantas geotérmicas son energía de base, operan las 24 horas del día los 365 días del año.
- Estimando un factor de carga del 80%, a un costo promedio de 5 centavos de dólar por kWh, la industria geotermoeléctrica produce alrededor de 3,000 millones de dólares anualmente en todo el mundo.
- Ahorro de combustibles fósiles.

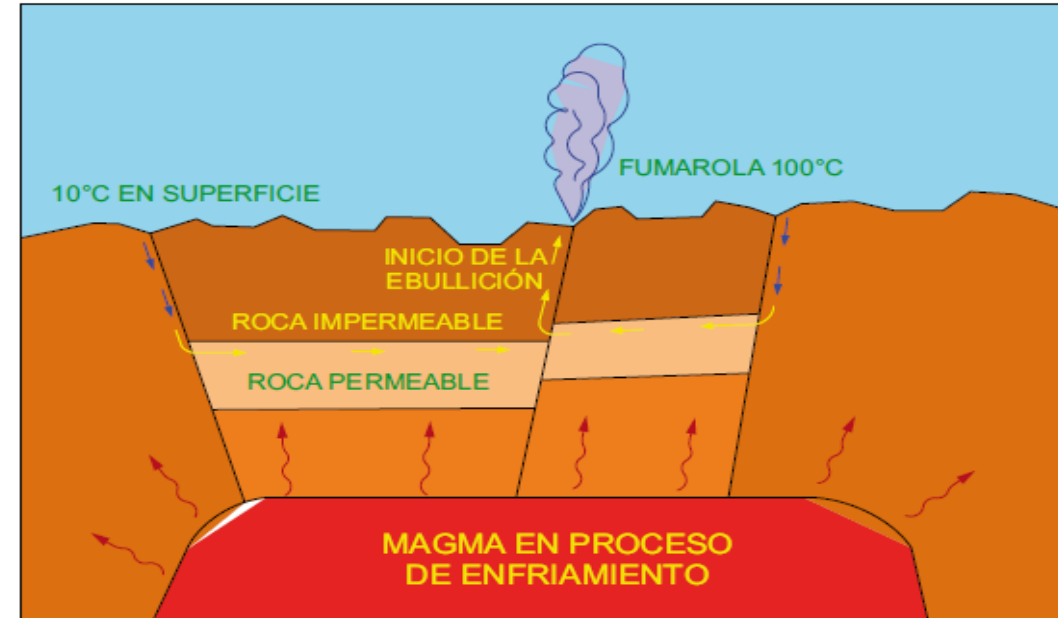
IMPACTO AMBIENTAL

- En los 60's la energía geotérmica era considerada una energía limpia.
- Pero!, no existe actualmente ninguna forma de producir o transformar energía sin afectar de alguna forma al ambiente.
- De forma similar, la explotación de la energía geotérmica también tiene efectos en el ambiente, aunque es menos contaminante que la mayoría de fuentes convencionales de energía.
- El principal contaminante descargado es el bióxido de carbono (CO_2), que en una planta geotérmica está en un rango 13 – 380 g/kWh, mientras que una planta de carbón emite 1042 g/kWh, 906 g/kWh una de hidrocarburo y 453 g/kWh una de gas natural.
- Las emisiones totales de gases de una planta geotérmica son un 5% de una planta de tamaño equivalente operada por combustibles fósiles.

Sistemas geotérmicos

a) *Sistemas hidrotermales*

Estos sistemas pueden clasificarse en tres tipos principales: vapor dominante, líquido dominante (alta entalpía) y líquido dominante (baja entalpía).

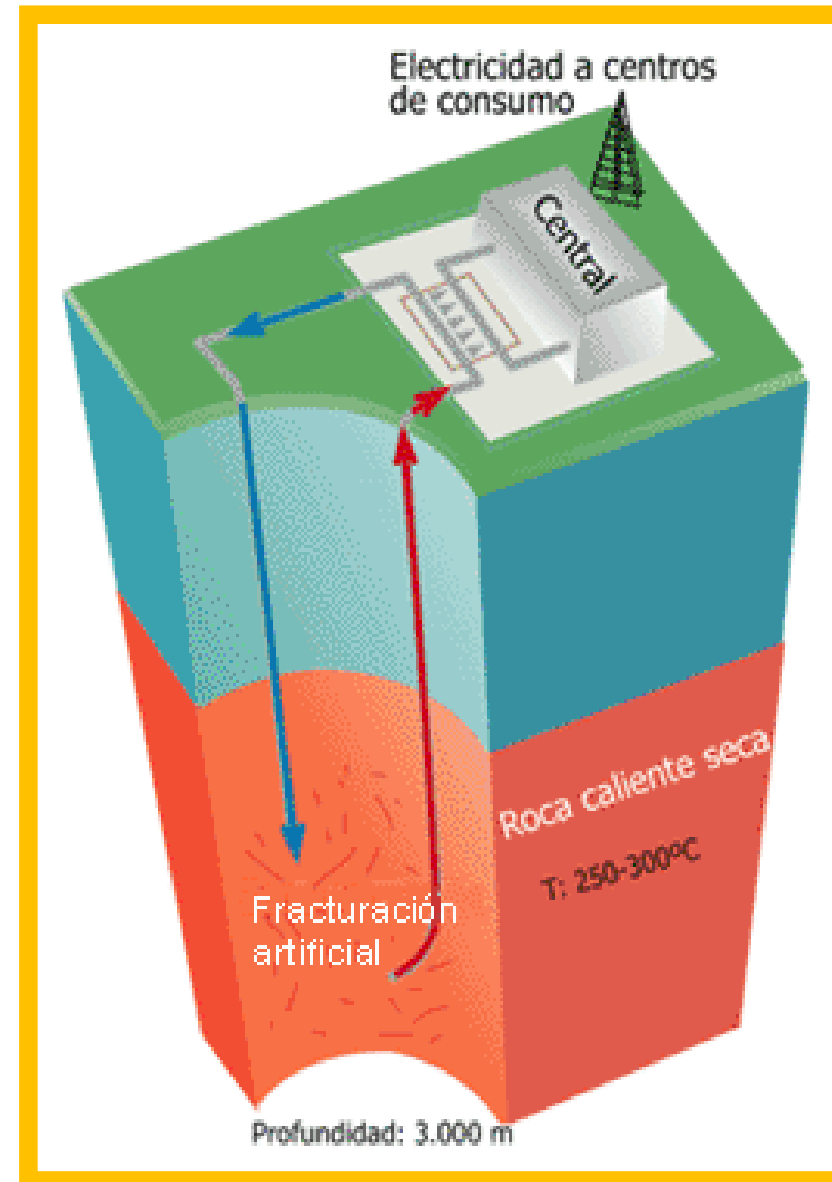


El agua de los sistemas hidrotermales se origina en la superficie de la tierra en forma de lluvia, el cual se infiltra a través de poros y fracturas, penetrando a varios kilómetros de profundidad en donde es calentada por la roca (alcanzando temperaturas de hasta 350°C).

En la actualidad, estos sistemas son los únicos que se explotan comercialmente para la generación eléctrica.

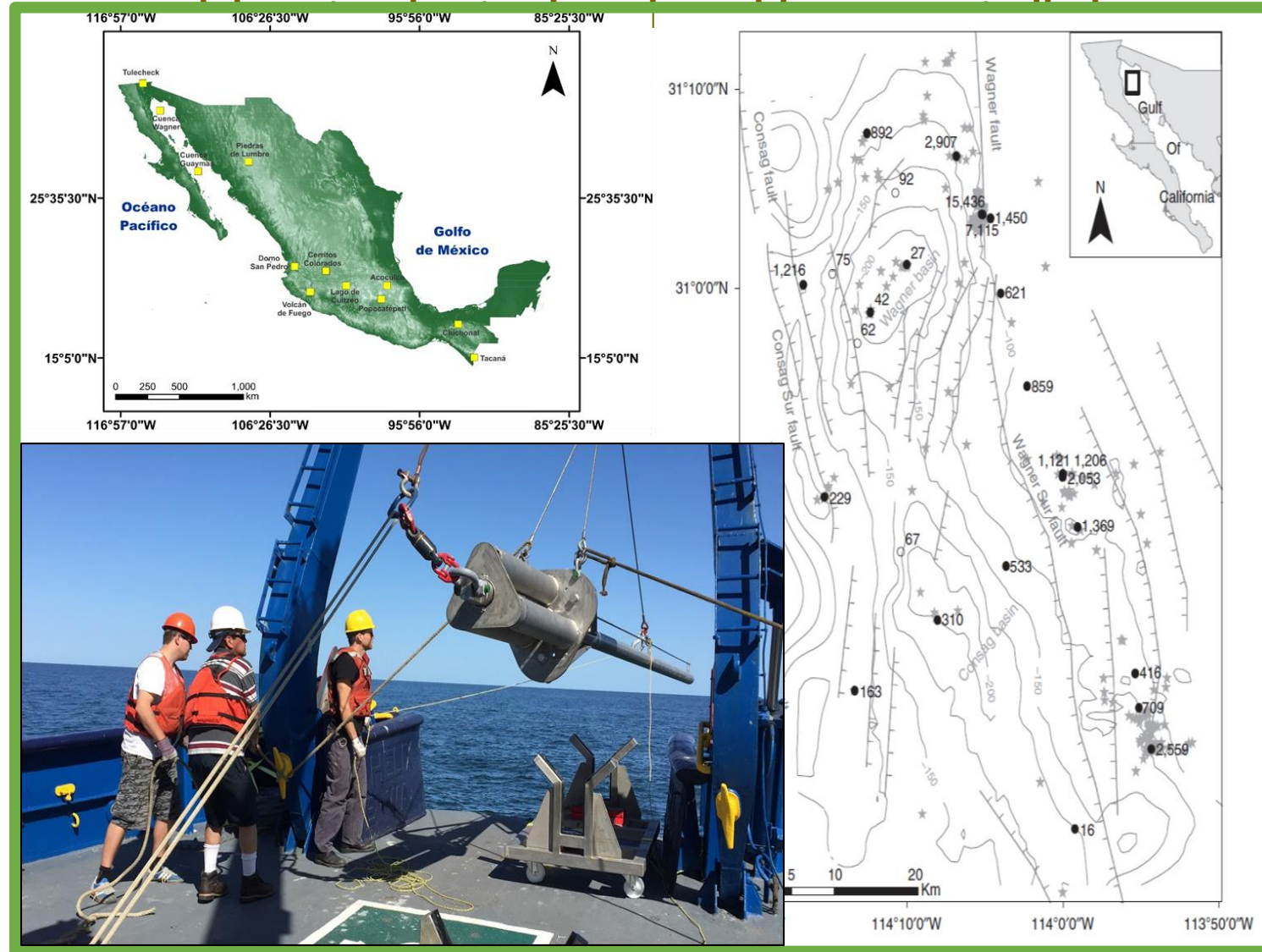
b) Sistemas Geotérmicos Mejorados

La explotación sugiere el siguiente concepto:



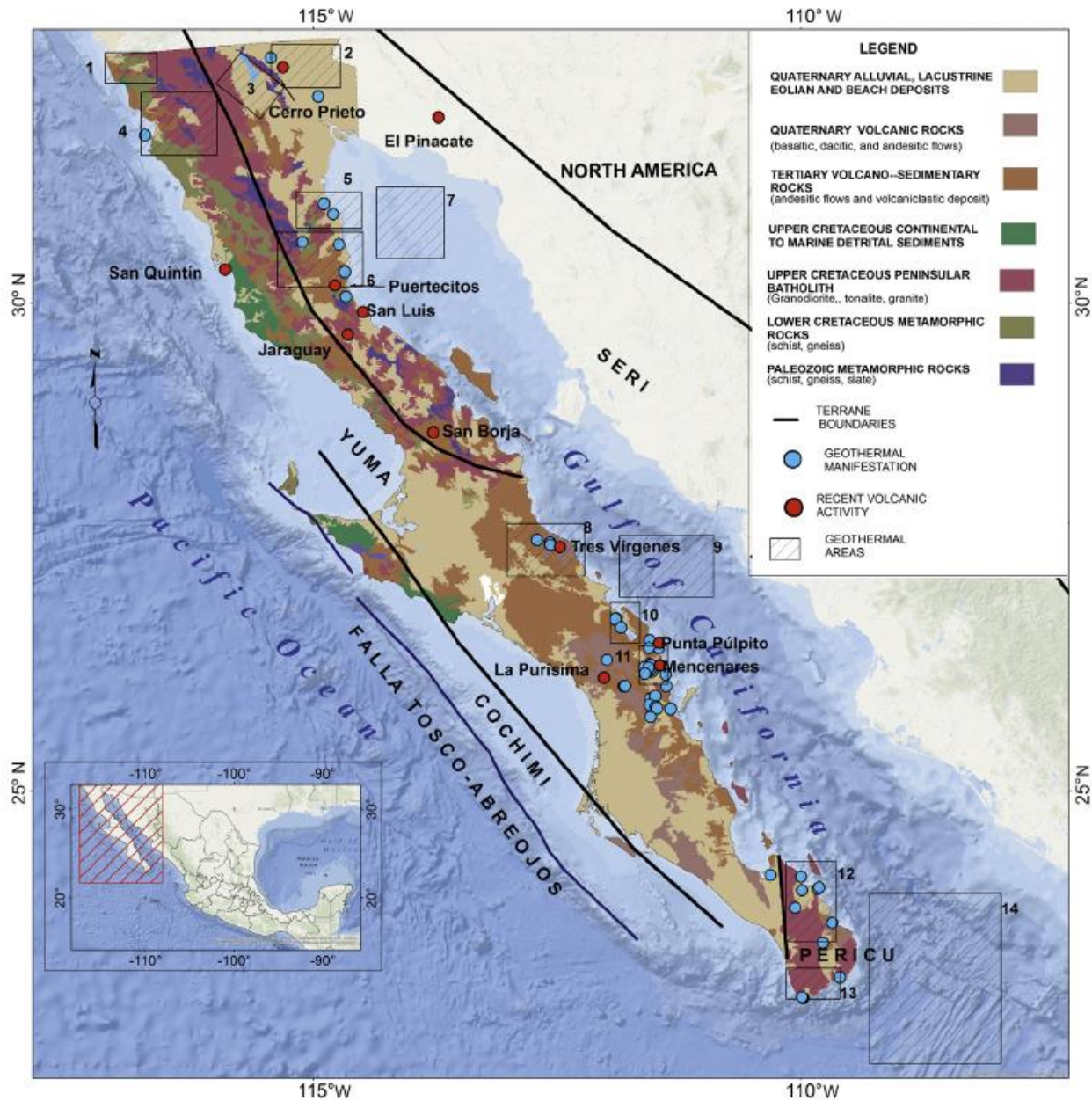
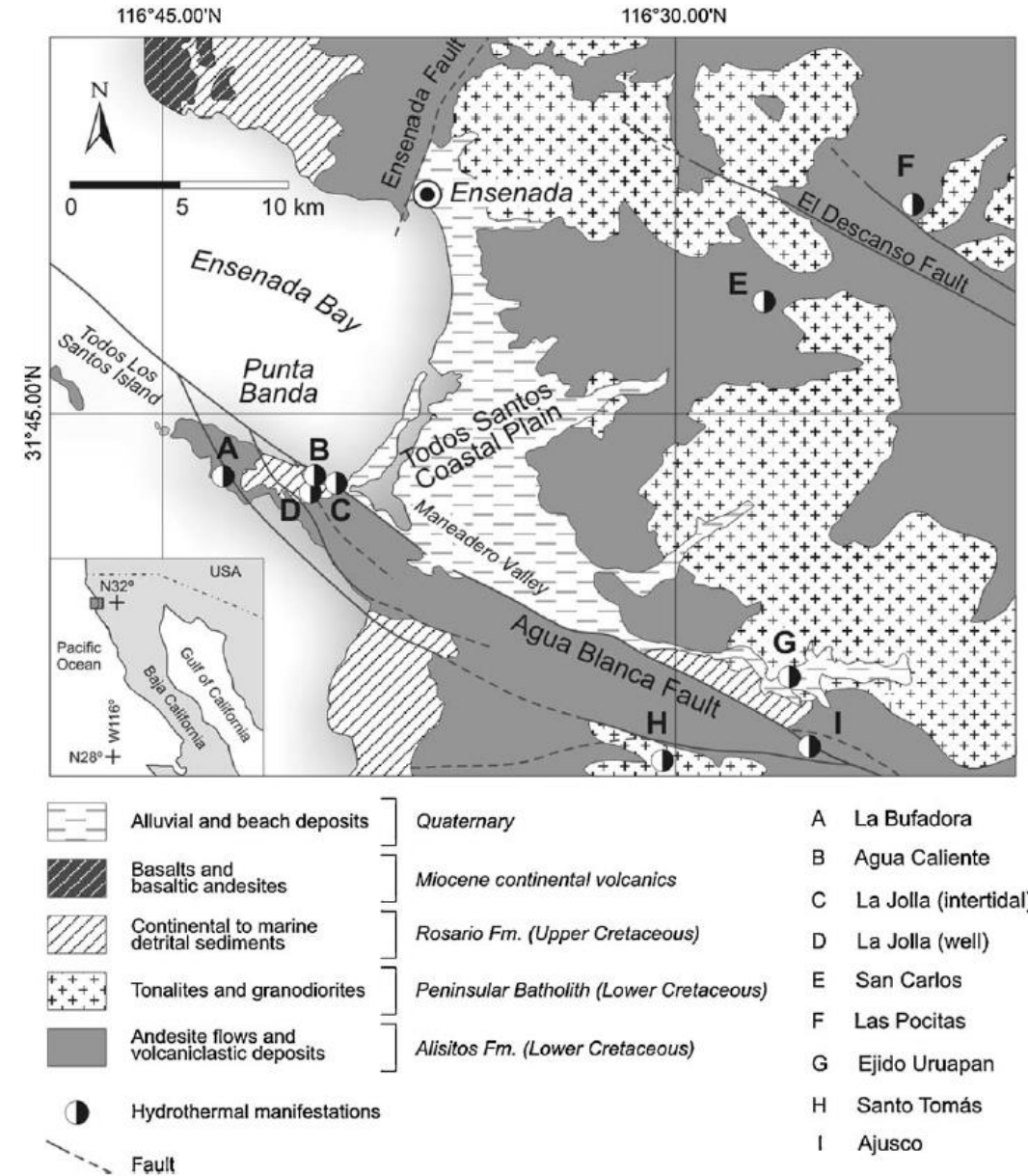
c) Sistemas Marinos

Son sistemas de alta entalpía existentes en el fondo del mar, que en la actualidad no se explotan



(Prol-Ledesma et al. 2013; Gómez-Arias y González Fernández, 2017)

Península de Baja California, México



(Arango-Galván et al, 2011; 2015)

ETAPAS DE DESARROLLO GEOTERMOELÉCTRICO

1.-Prospección Geotérmica.

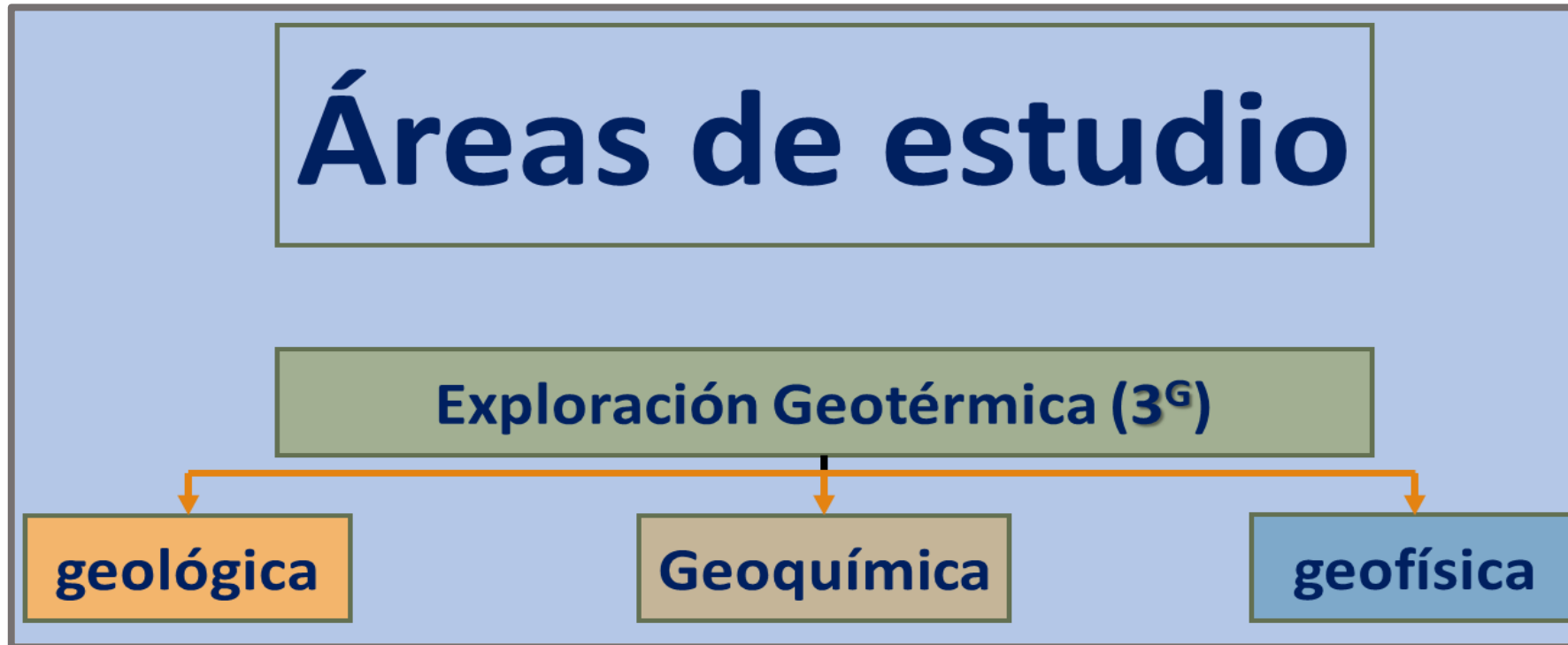
Fase temprana, en donde el dinero se invierte para obtener conocimiento del recurso:

Existe un yacimiento?

De que tamaño es?

Que tan permeable es?

RETOS



- Costos
- Reducir riesgos "Exploración"
- Tecnología "Ciclos binarios" y "sistemas híbridos"
- Usos directos
- Social
- Ambiental

CONCLUSIONES

- México sigue siendo un país que depende de los hidrocarburos como fuente de energía primaria.
- La nueva reforma energética enmarca la necesidad de desarrollar estrategias, conocimiento y tecnología para impulsar de manera sustentable las energías limpias o renovables en México.
- Más de la mitad de los 120 GW proyectados de capacidad de generación de energía instalada para el 2040 debe provenir de fuentes renovables.
- Esto reduce a la mitad las emisiones de CO₂, de poco más de 450 g CO₂/kWh en 2014 a 220 g CO₂/kWh para el 2040.
- Aunado a esto, se debe lograr una participación del 35% en la generación de energía limpia para 2024, de la cual la geotermia debe alcanzar una participación del 5% (actualmente representa el ~1.5%).
- Por lo tanto, la geotermia tiene y tendrá un rol importante en México tanto para generación de energía eléctrica, para usos directos y con un compromiso serio ante el cambio climático en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.



RED SUMAS Σ^+

"Sustentabilidad energética,
Medioambiente y Sociedad"



5^{to} Encuentro y 3^{er} Congreso Internacional de la Red SUMAS

RETOS Y OPORTUNIDADES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA, HÍDRICA Y ENERGÉTICA EN MÉXICO

GRACIAS

Gómez-Arias Efraín

Catedrático CONACYT-CICESE

División de Ciencias de la Tierra

Departamento de Geología

gomezar@cicese.mx; egomezar@conacyt.mx

09 de octubre de 2019