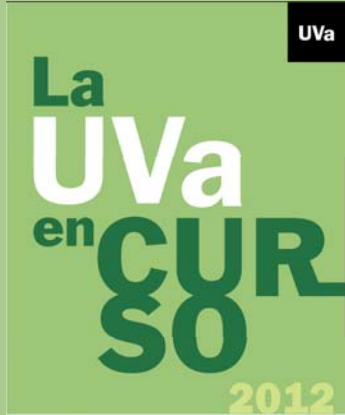




El futuro de la energía:

Avances tecnológicos y prospectiva

Septiembre 2012

Energía geotérmica:

Perspectivas tecnológicas
y de cuotas de la demanda energética

César Chamorro

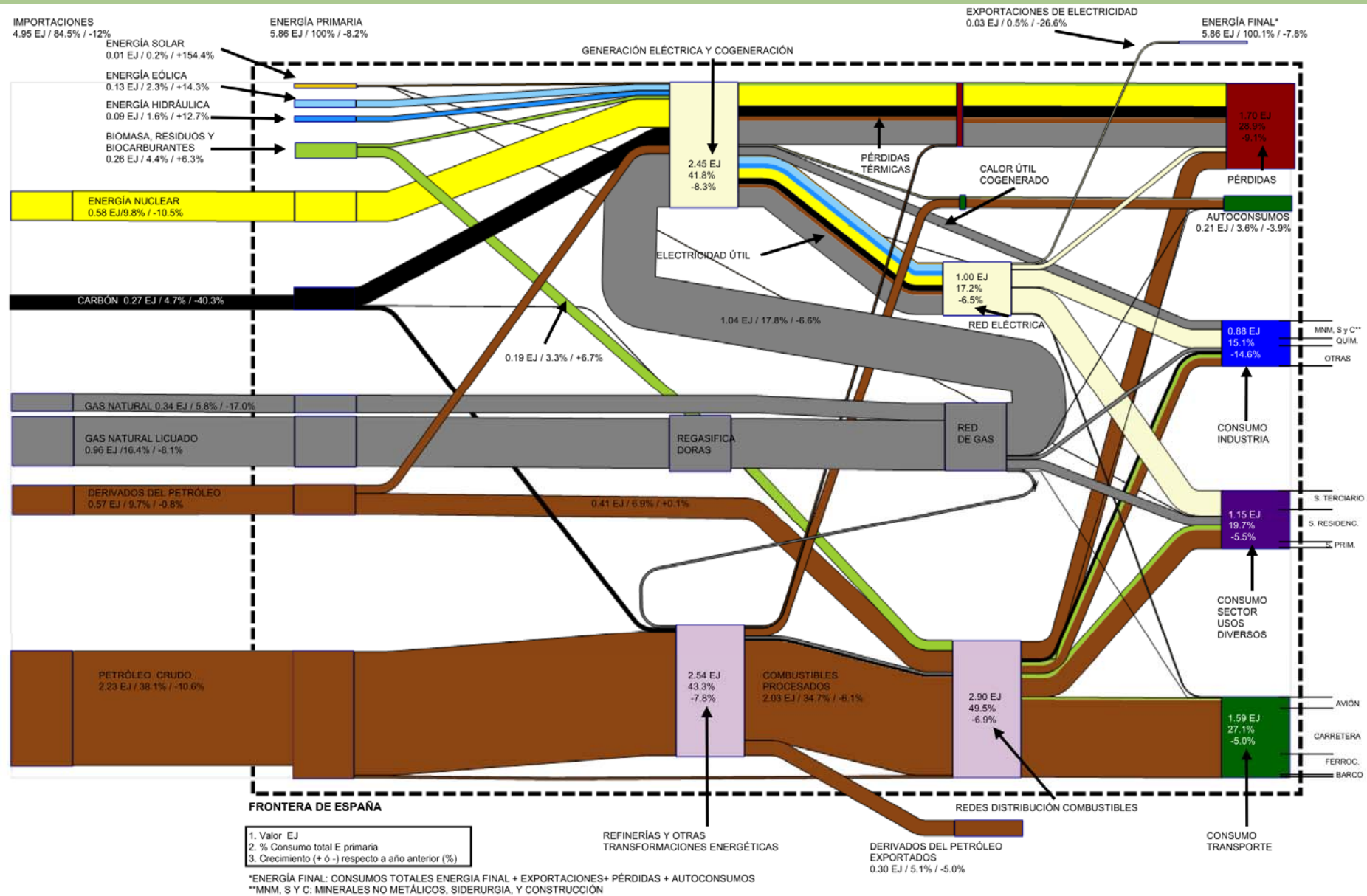
cescha@eii.uva.es

Dpto. Ingeniería Energética y Fluidomecánica. UVA

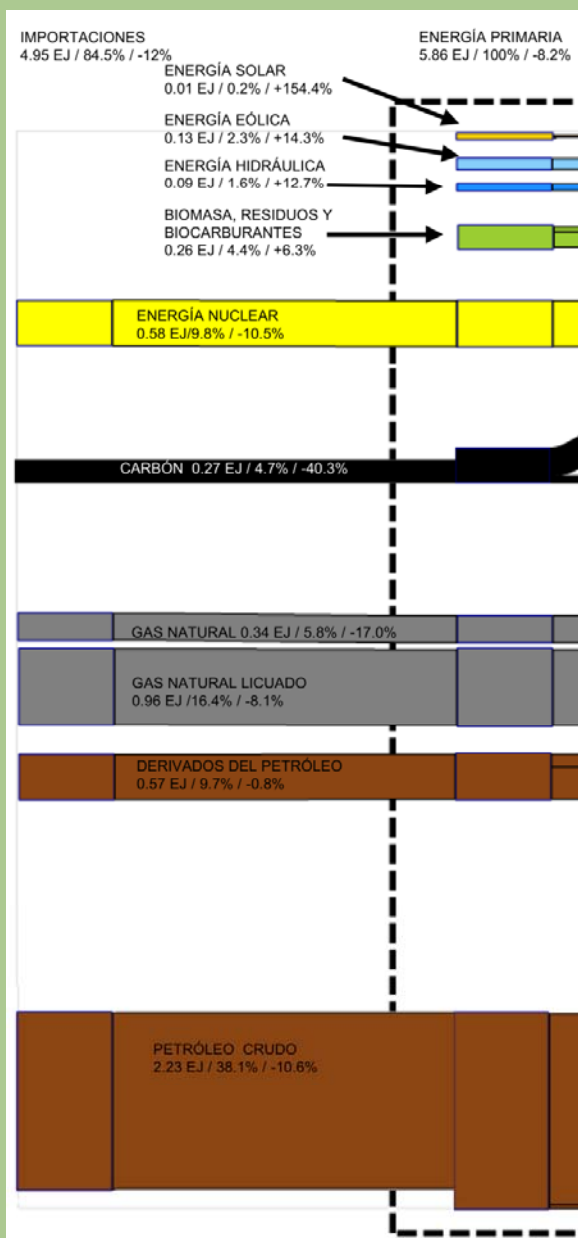
Objetivos

- Qué es la energía geotérmica
 - Yacimientos
 - Tecnología para su aprovechamiento
- Grado de implantación en el mundo
- Potencial y previsiones a medio plazo

Flujo de energía en España



Energía primaria en España



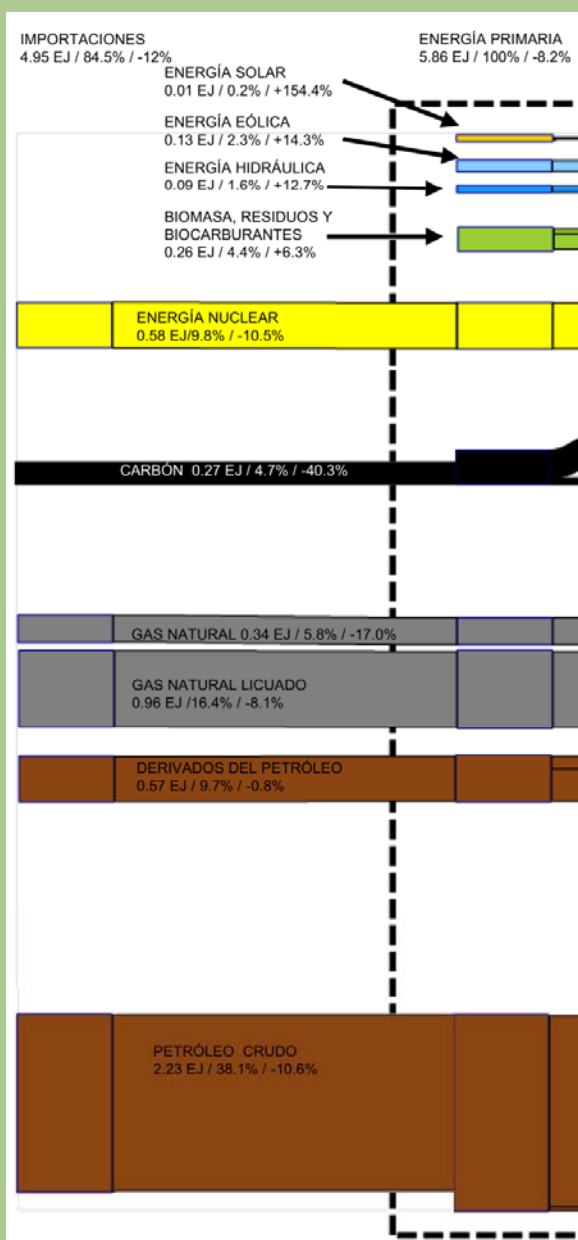
EE.RR.

FÓSILES

9 %

91 %

Energía primaria en España



EE.RR.

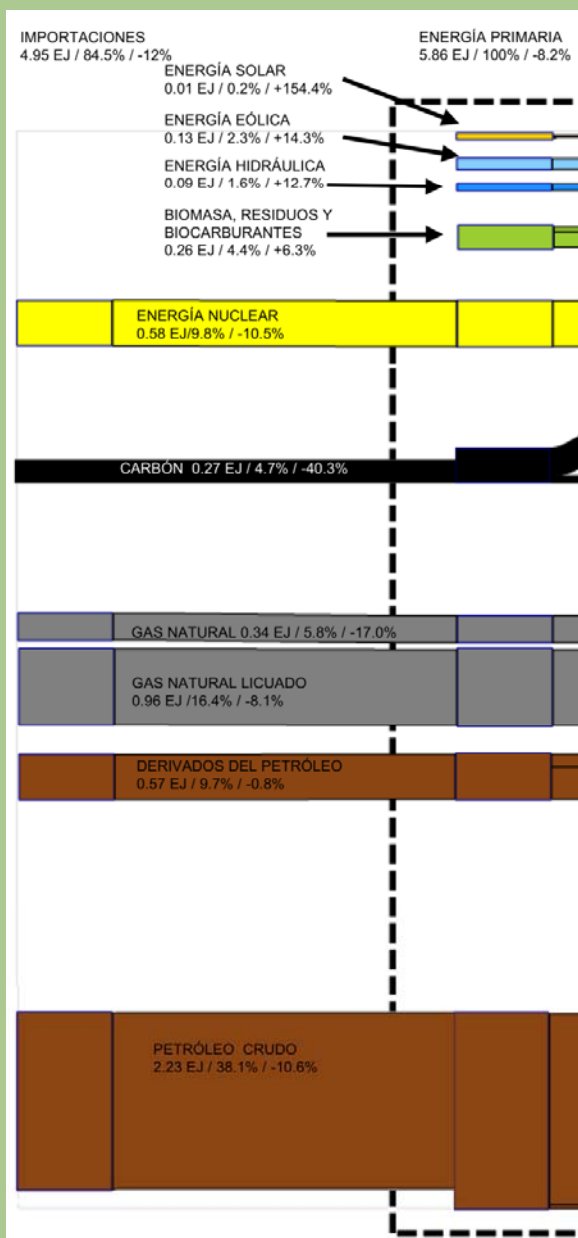
FÓSILES

9 %

91 %

- Recursos limitados
- Dependencia del exterior
- Seguridad abastecimiento
- Precio variable
- Emisiones contaminantes
- Gases efecto invernadero
- Residuos (Nuclear)
- Otros usos tecn. nuclear

Energía primaria en España



EE.RR.

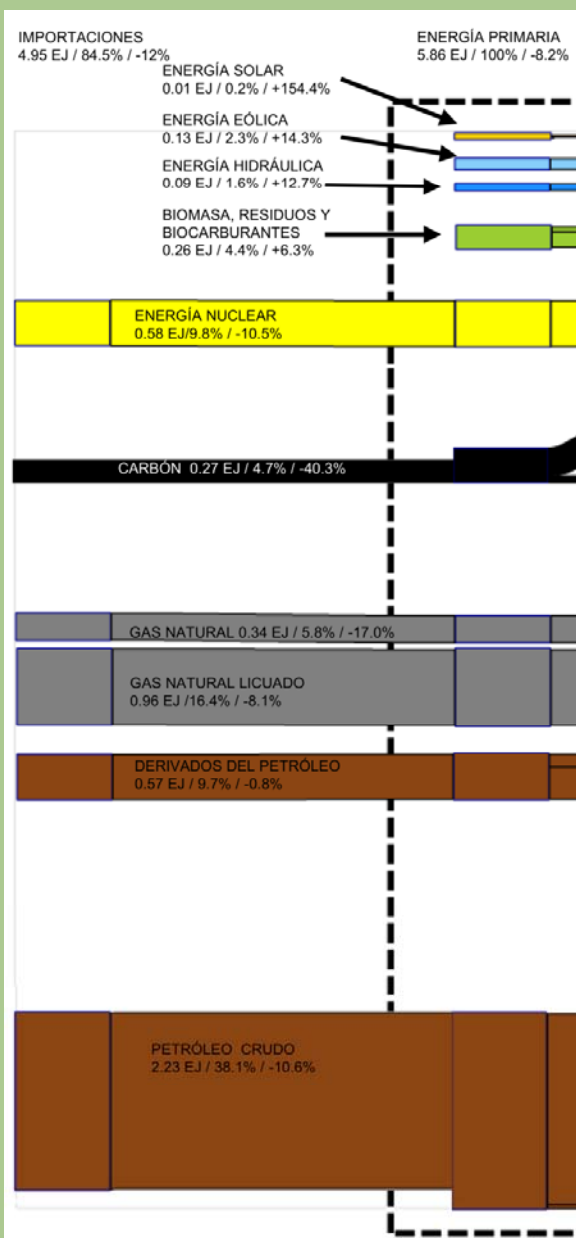
FÓSILES

9 %

91 %

- Recursos 'ilimitados'
- Uniform. distribuidos
- No contaminante

Energía primaria. Objetivos U.E.



EE.RR.

9 %

20 %

FÓSILES

91 %

80 %



Camino para alcanzar 20% en 2020

20 %

80 %

-Ahorro



-Eficiencia

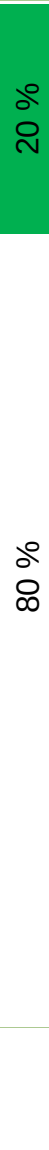


Camino para alcanzar 20% en 2020

-Promoción EE.RR.



-Diversificación



Energía Geotérmica

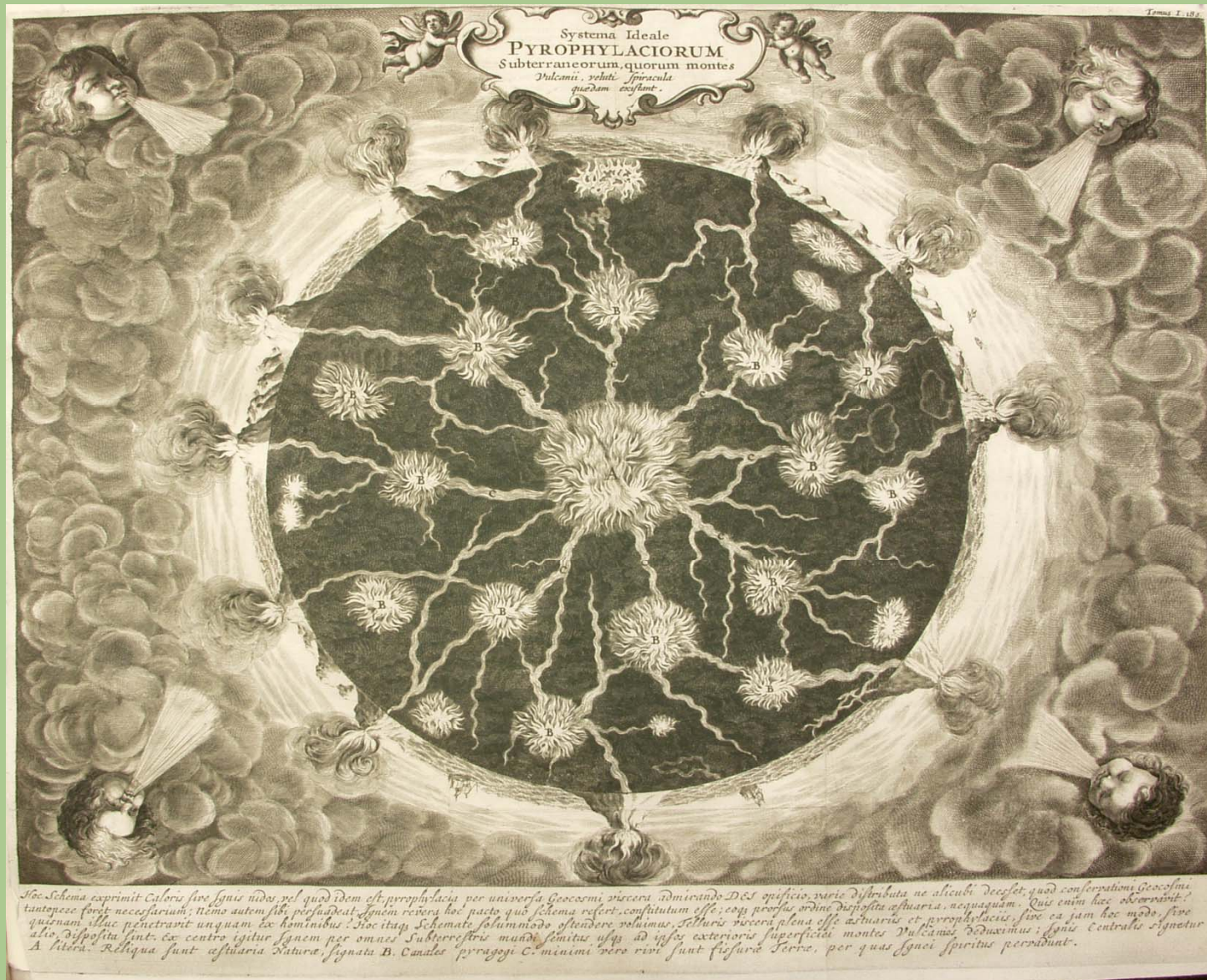
Aprovechamiento
del calor almacenado
en el interior de la Tierra

Energía renovable de origen no-solar

Manifestaciones superficiales



Estructura de la Tierra



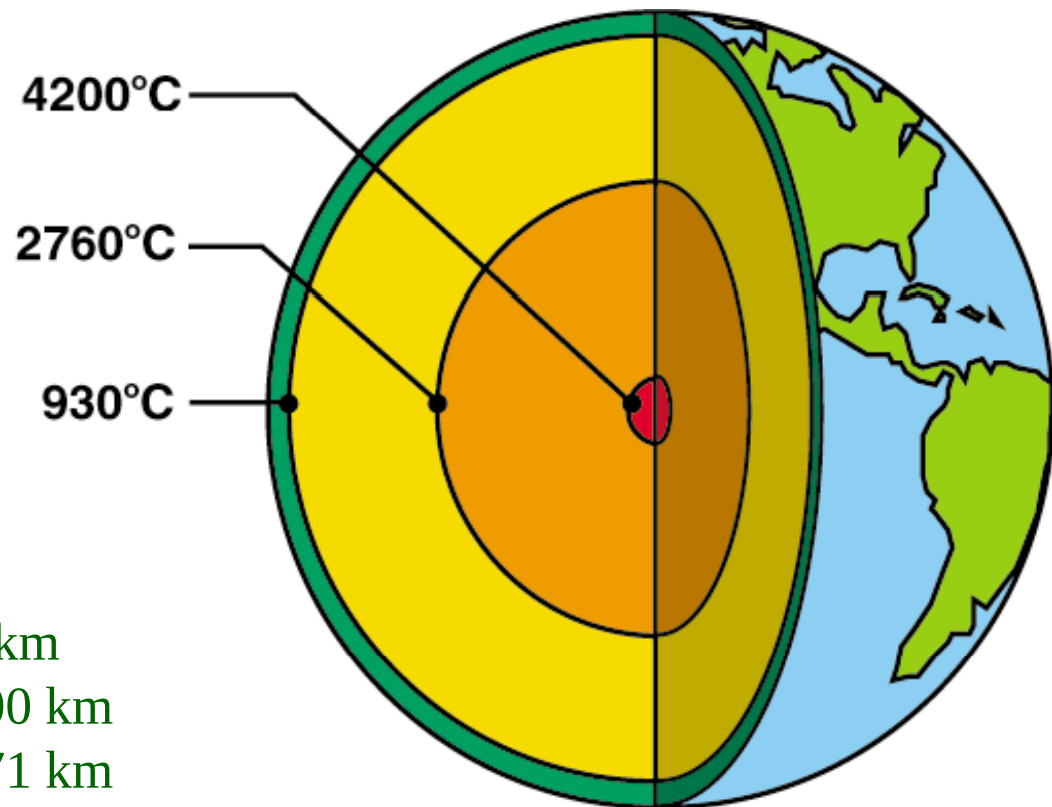
Estructura de la Tierra

Corteza (SiAl, SiMg)

Manto (SiFe, SiMg)

Núcleo (Fe)

Corteza		0 - 30 km
Manto		30 - 3000 km
Núcleo externo		3000 - 5000 km
Núcleo interno		5000 - 6371 km



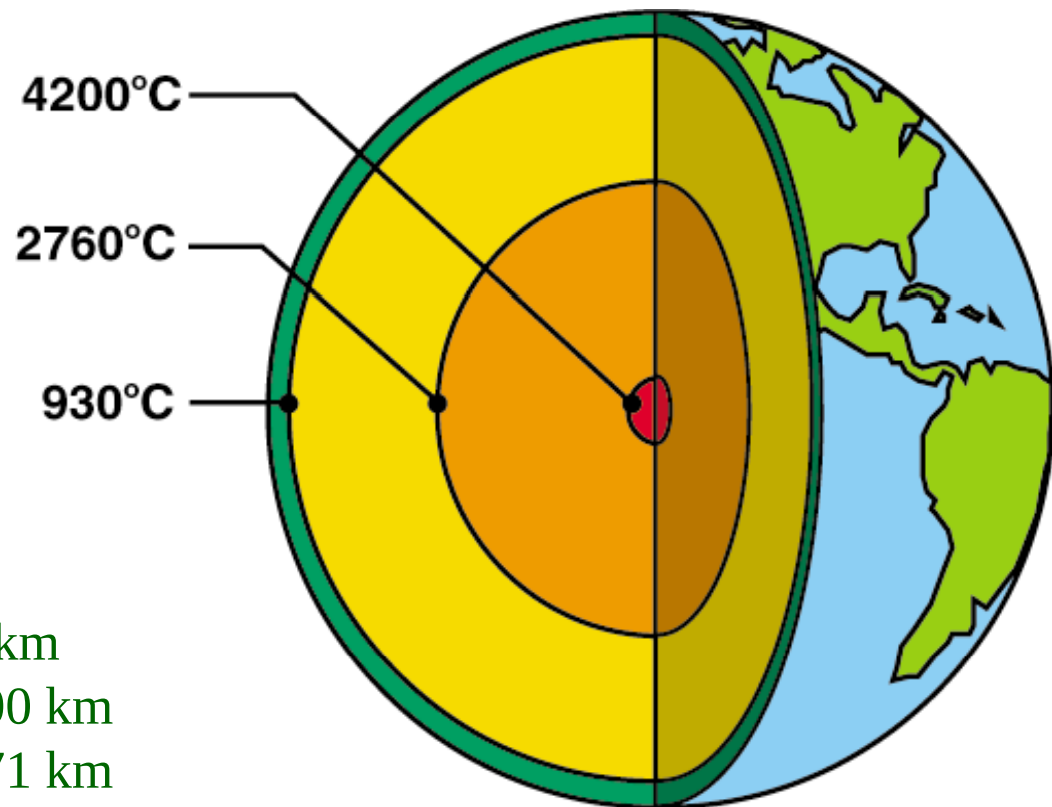
Estructura de la Tierra

Corteza (SiAl, SiMg)

Manto (SiFe, SiMg)

Núcleo (Fe)

Corteza		0 - 30 km
Manto		30 - 3000 km
Núcleo externo		3000 - 5000 km
Núcleo interno		5000 - 6371 km



Fuentes de calor adicionales

- Elementos radiactivos
- Roce entre placas

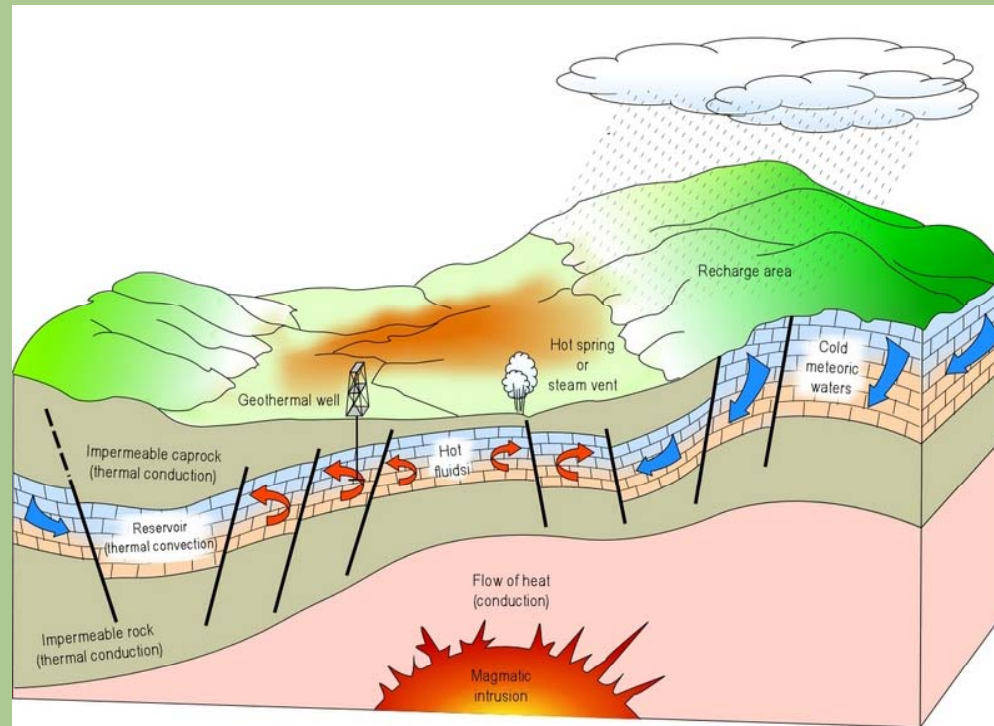
Gradiente geotérmico

1 °C cada 33 m de profundidad
(3 °C / 100 m)

Flujo medio de calor : 0.060 W/m²
(flujo de energía solar: 1 300 W/m²)
¡20 000 veces menor!

Yacimiento geotérmico

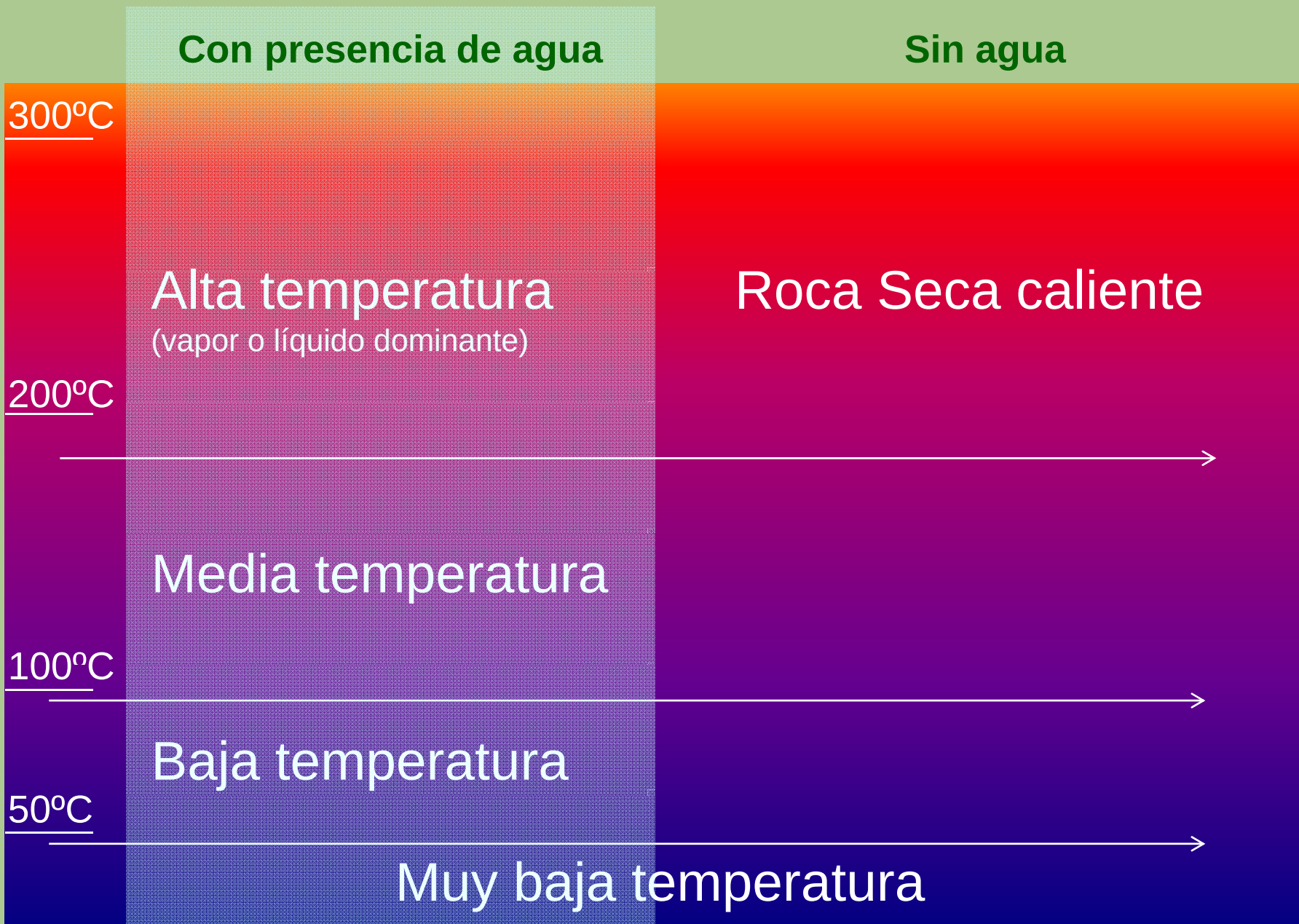
Área geográfica que cumple unas condiciones geológicas y económicas que permiten explotar la energía geotérmica.



1.- Temperatura elevada y escasa profundidad

2.- Presencia de agua

Clasificación de yacimientos



Explotación de yacimientos

Con presencia de agua

Sin agua

300°C

Electricidad

Alta temperatura
(vapor o líquido dominante)

200°C

Vapor Seco

Flash

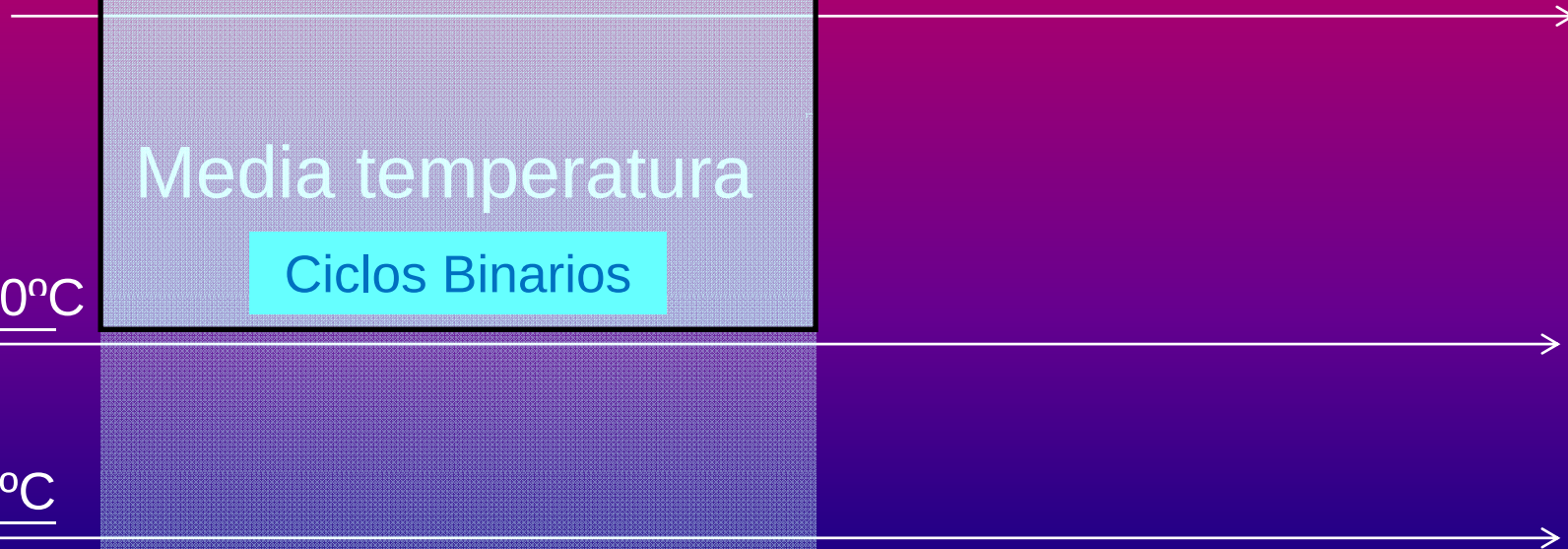
Roca Seca caliente

100°C

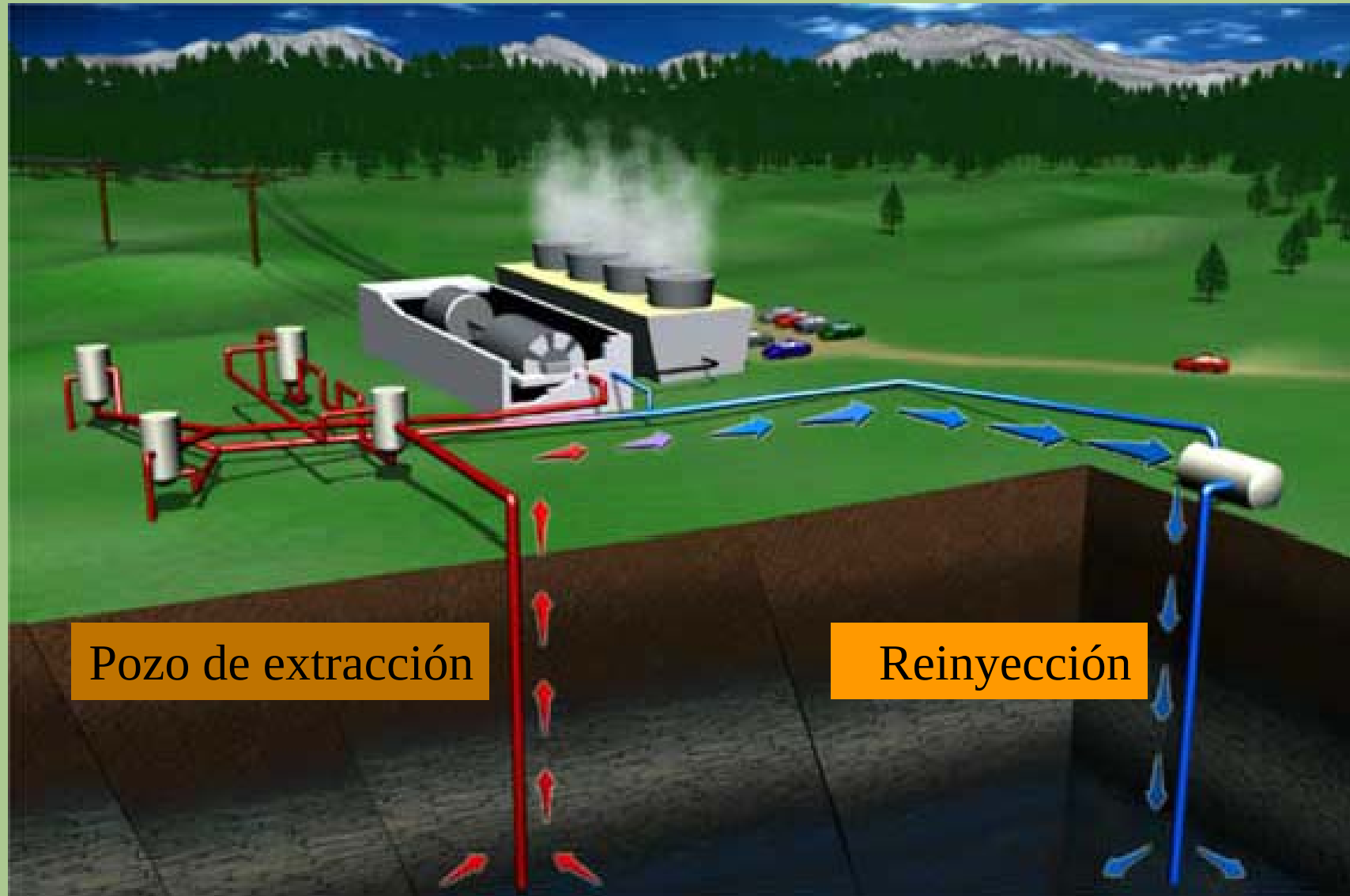
Media temperatura

Ciclos Binarios

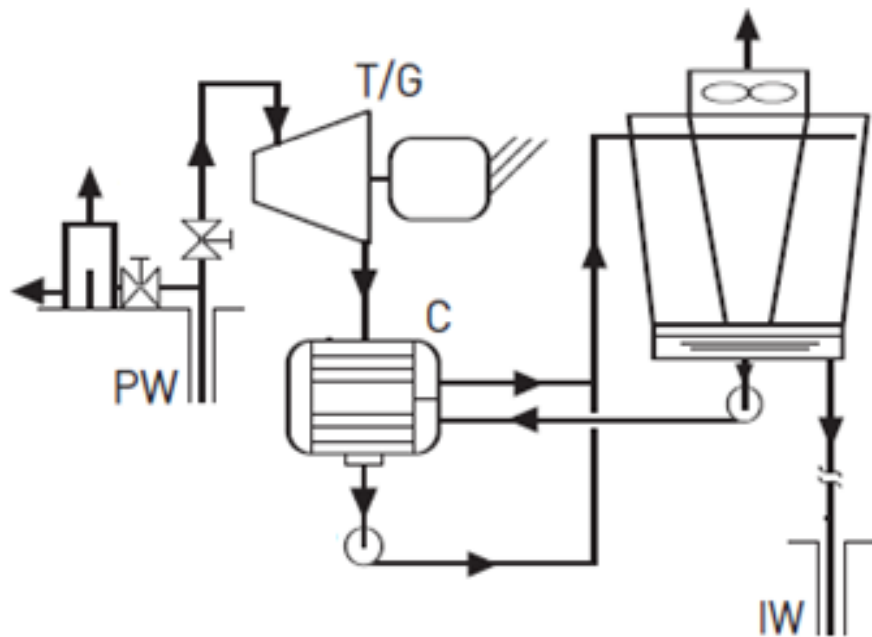
50°C



Producción de electricidad

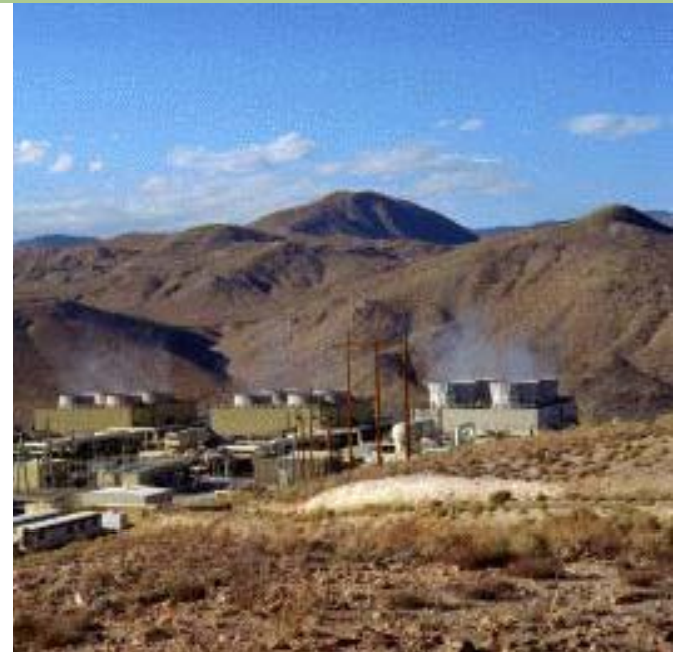
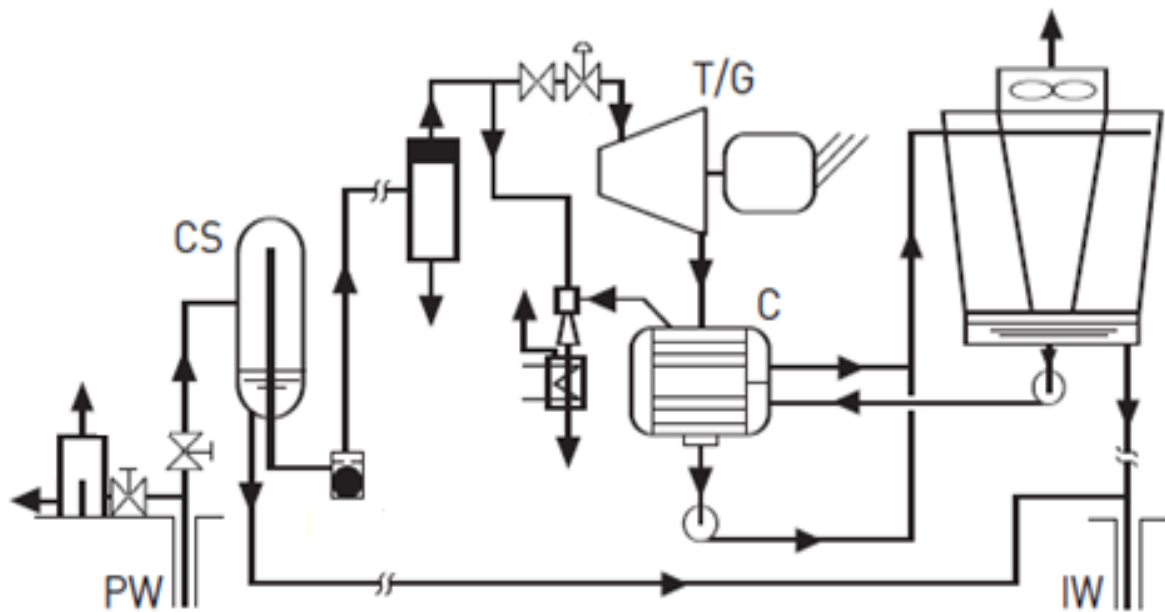


Producción de electricidad



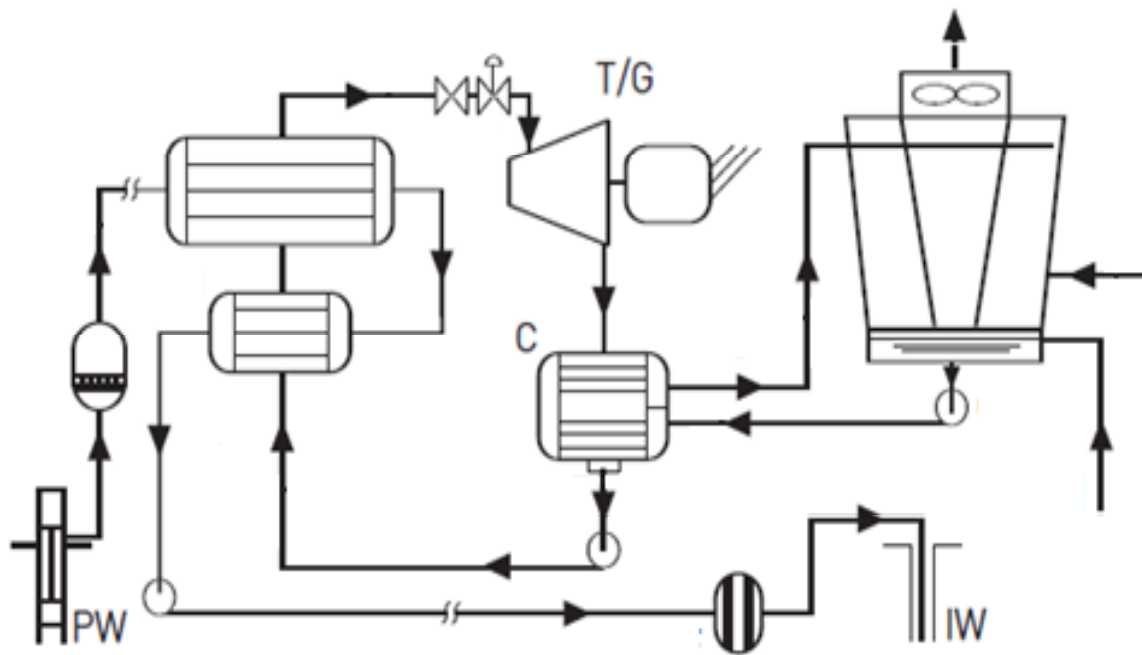
Vapor seco

Producción de electricidad



Plantas tipo Flash

Producción de electricidad



Ciclo Binario

Aspectos económicos

- Gran variación de los costes en función del tipo de yacimiento
 - Grandes inversiones iniciales (sondeos, perforaciones, equipos)
 - Costes operacionales bajos
- Vida útil de la instalación larga
- **Disponibilidad MUY alta** (ventaja frente a otras EE.RR.)

Efectos medioambientales

Utilización del terreno (pozos, infraestructura)

Influencia sobre el suelo:

- erosión
- cubierta vegetal
- hundimiento
- **inducción de actividad sísmica**

Grado de implantación y potencial de la energía geotérmica

Un poco de historia



Primera planta geotérmica producción electricidad. 1904, Larderello, Italia

Producción de electricidad



Geotérmica
11.000 MW_e



Producción de electricidad



Central Nuclear Garoña

460 MW_e



Geotérmica

11.000 MW_e



Hidroeléctrica Tres Gargantas

22.500 MW_e



Producción de electricidad

Con presencia de agua

Sin agua

300°C

Electricidad

Alta temperatura
(vapor o líquido dominante)

200°C

Vapor Seco
3000 MW_e

Flash
6500 MW_e

150°C

Media temperatura

100°C

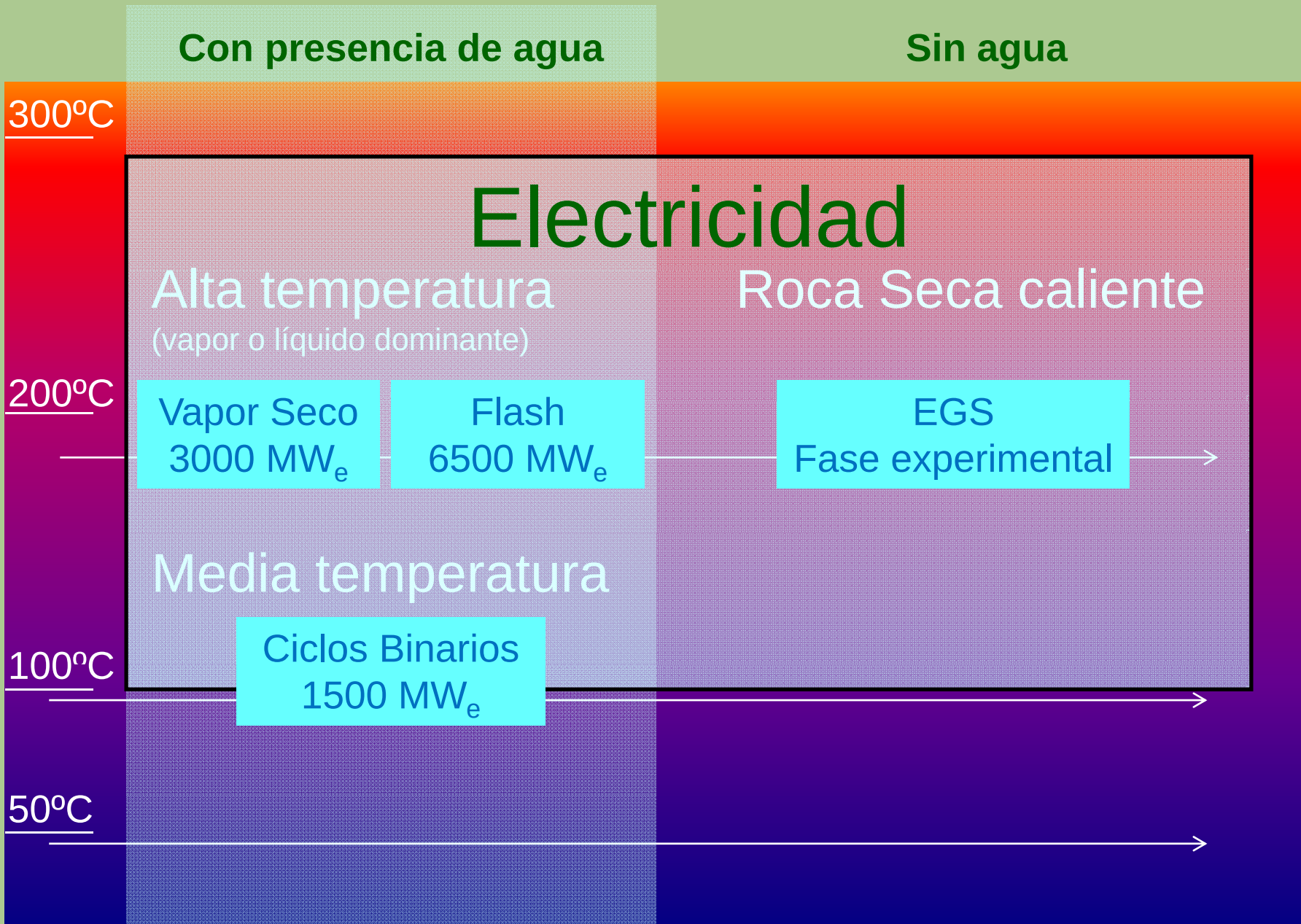
Ciclos Binarios
1500 MW_e

50°C

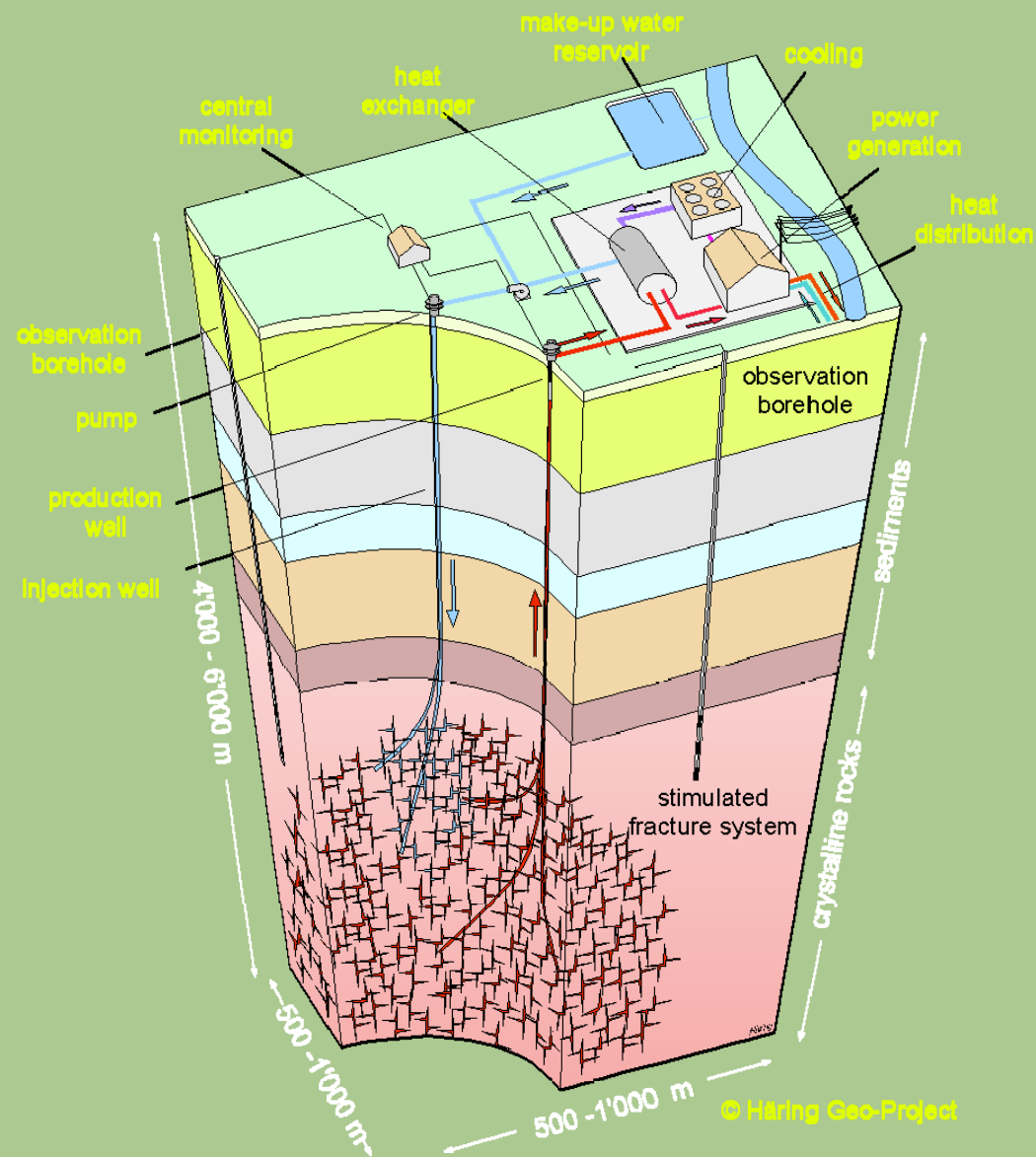
Roca Seca caliente



Producción de electricidad

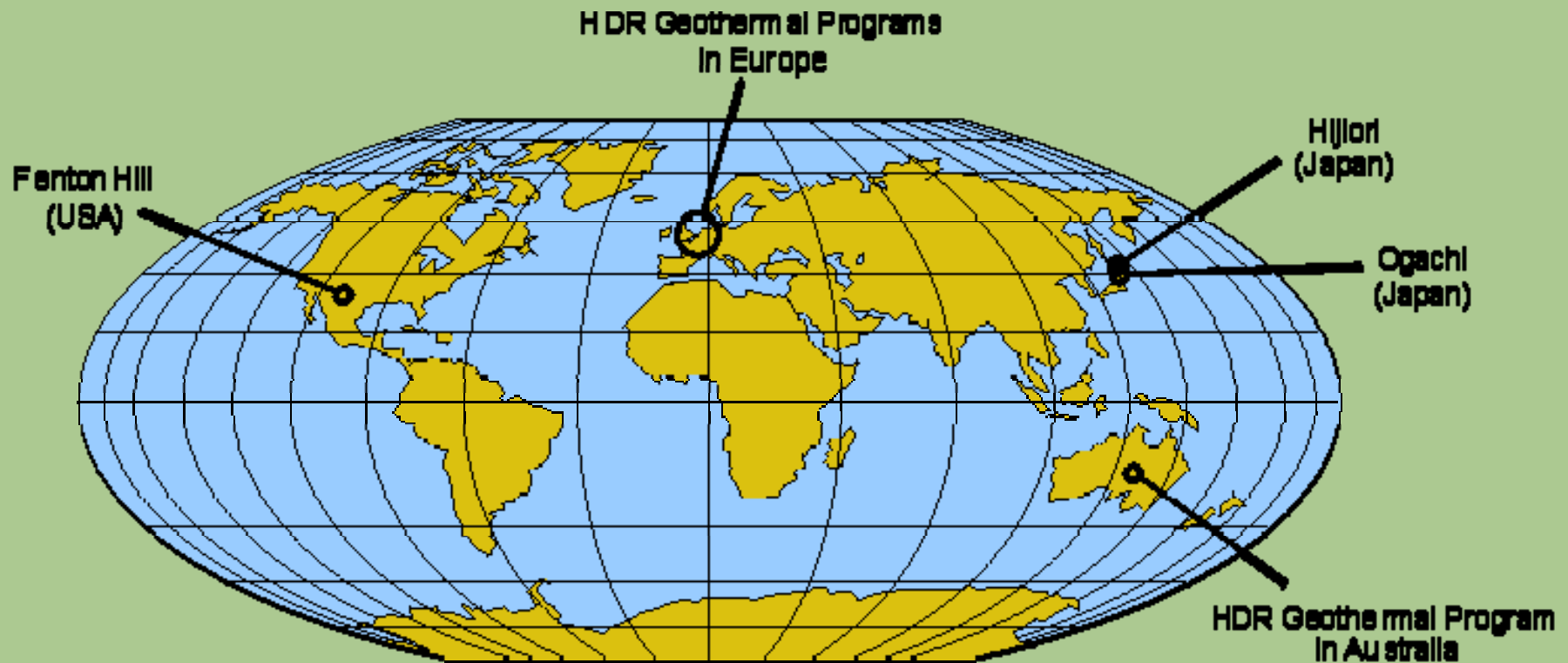


EGS (Sist. Geotérmico Estimulado)



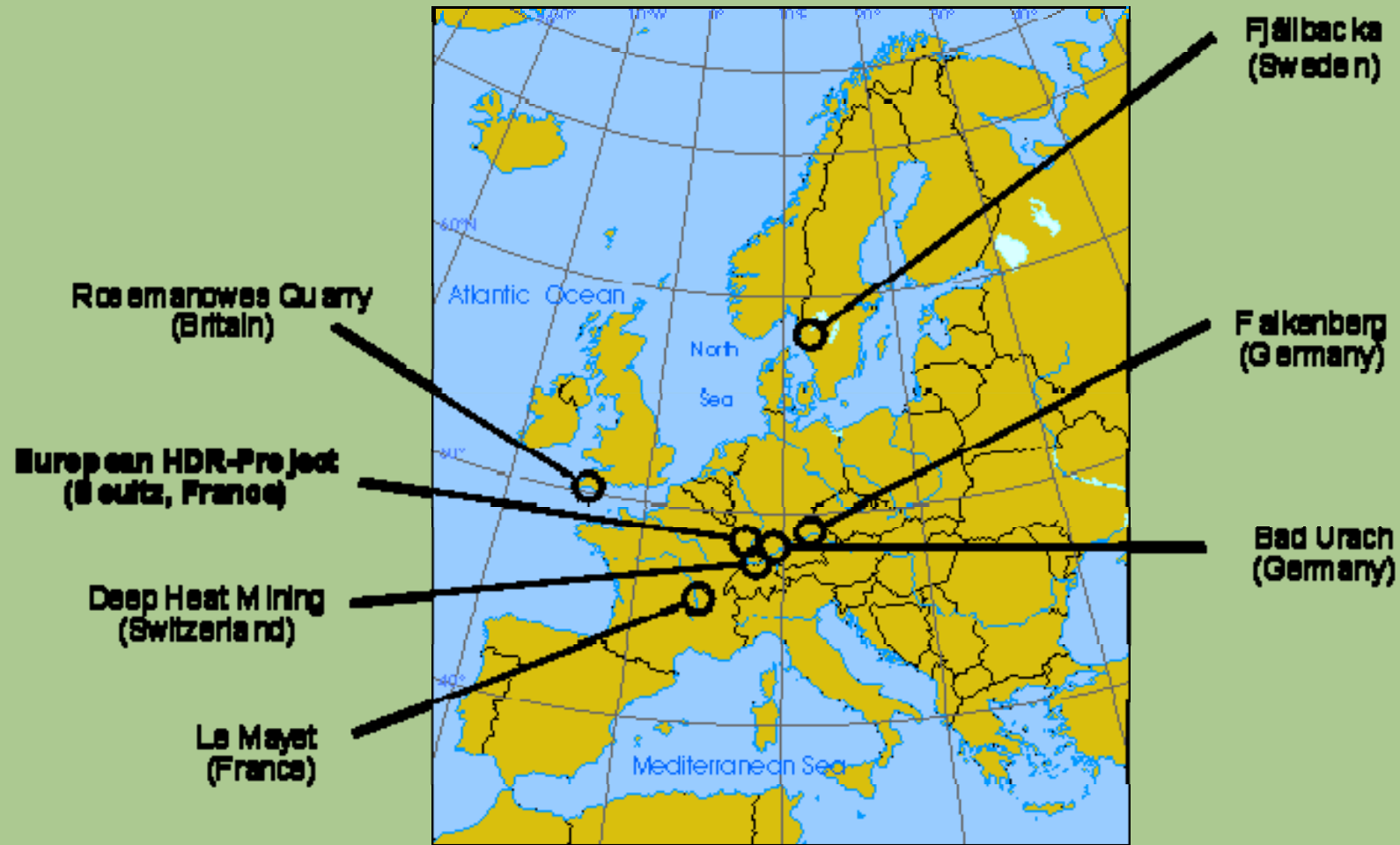
Roca seca en el mundo

Fase experimental

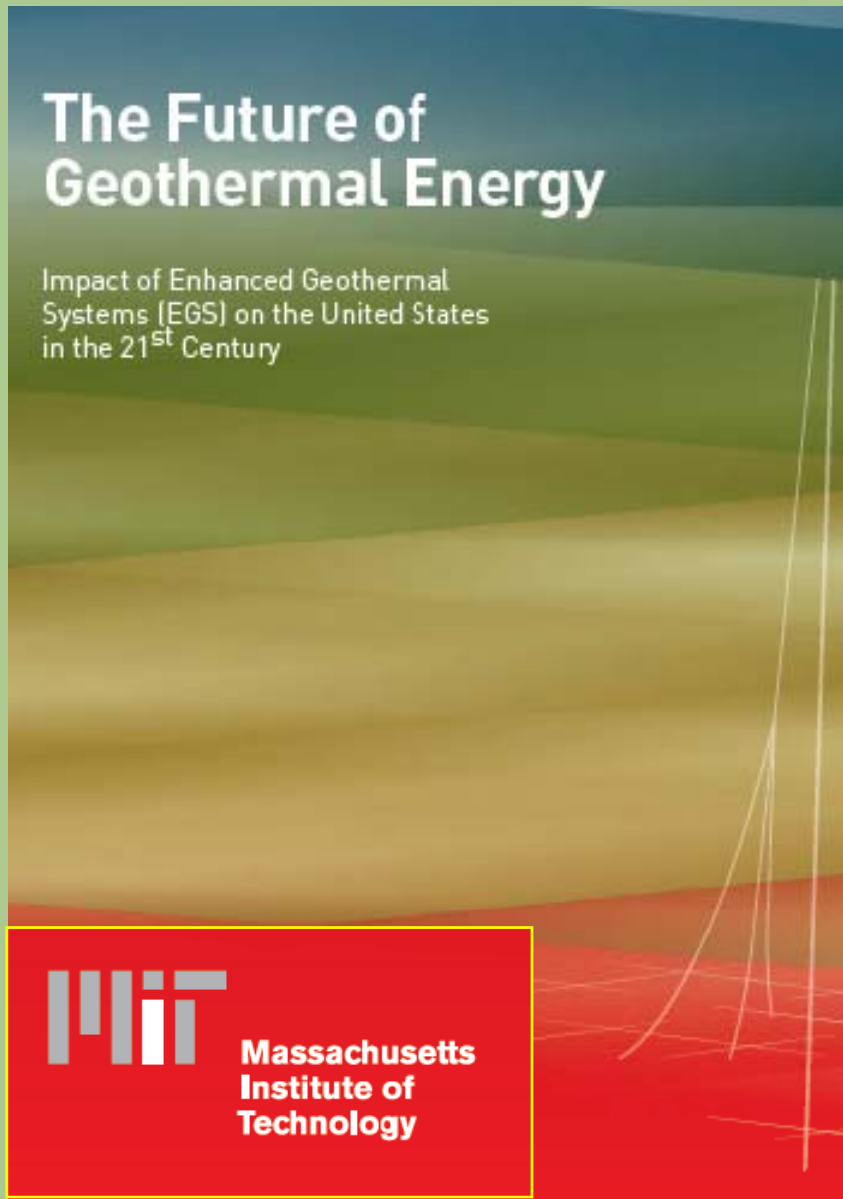


Roca seca en Europa

Fase experimental



Potencial: EE.UU.

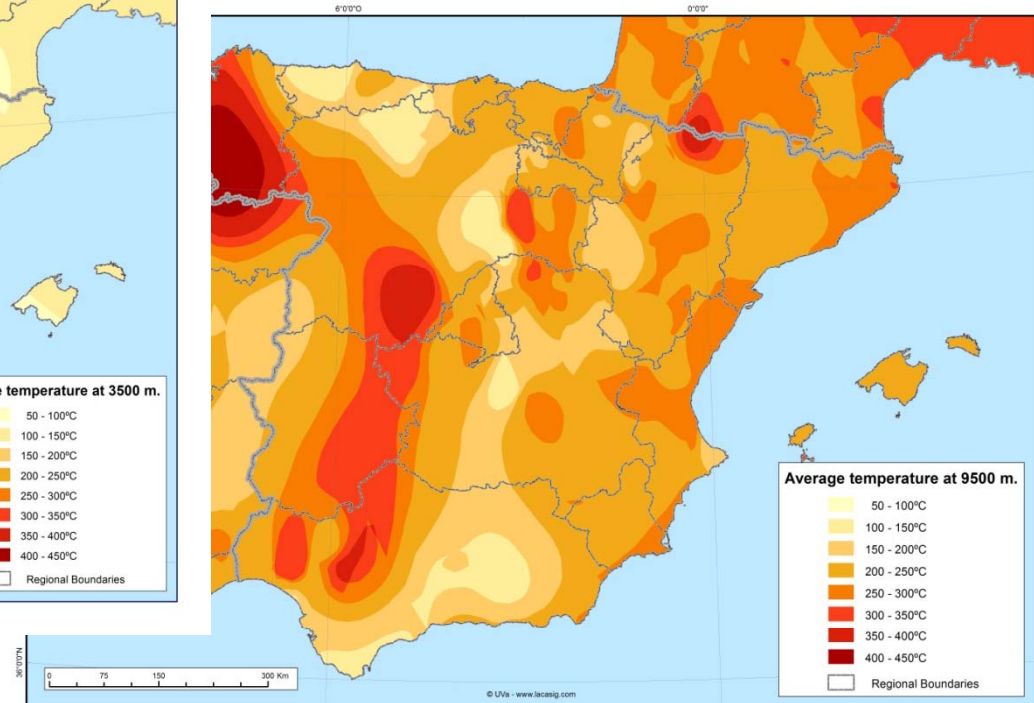
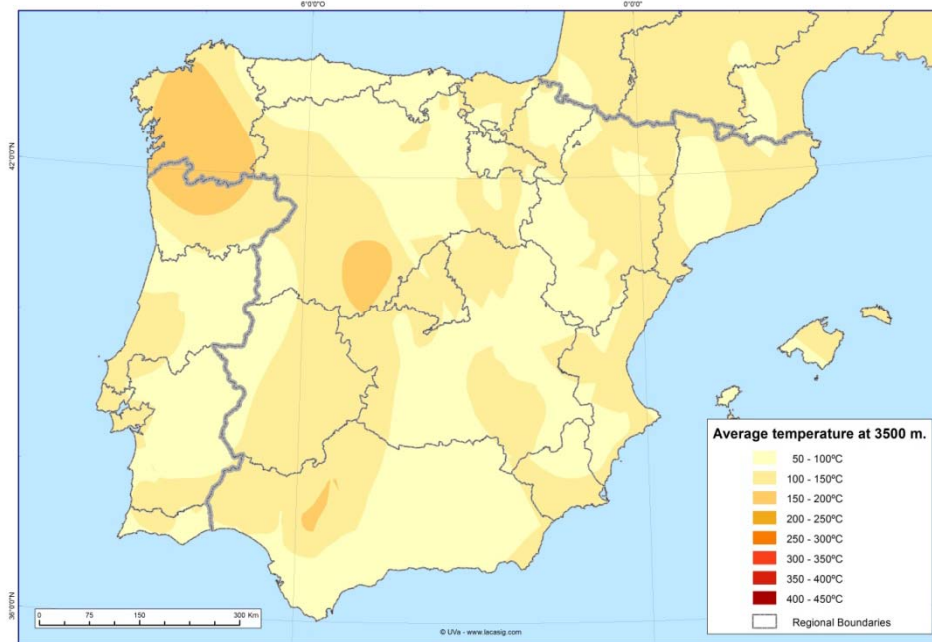


3-10 km, > 150°C
12 500 000 MW_e

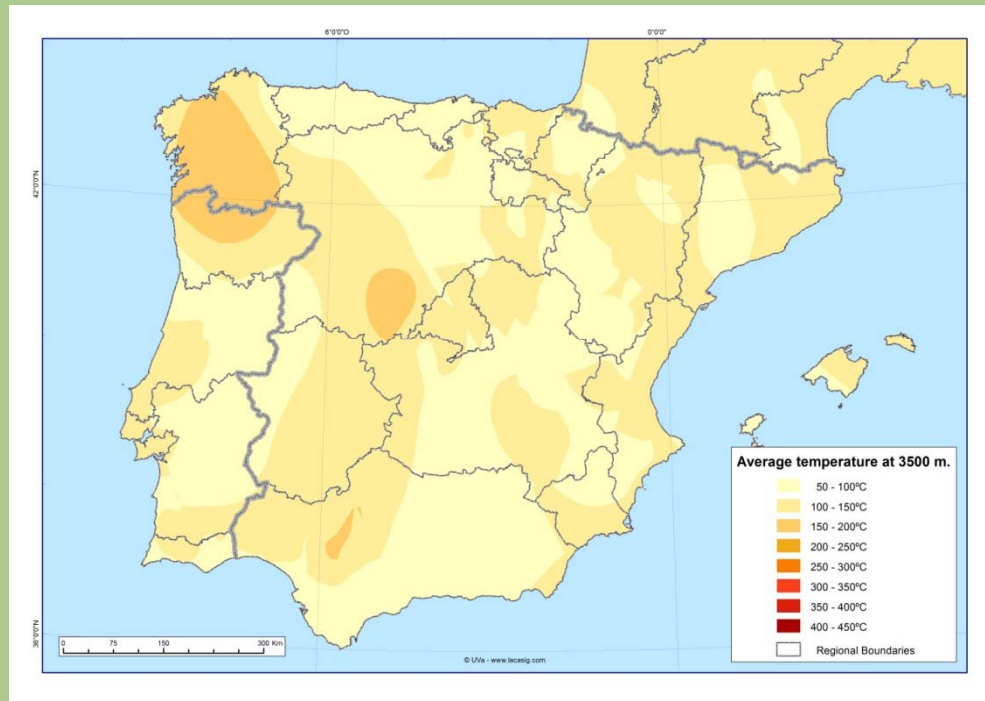
Año 2050

100 000 MW_e

Potencial: península ibérica



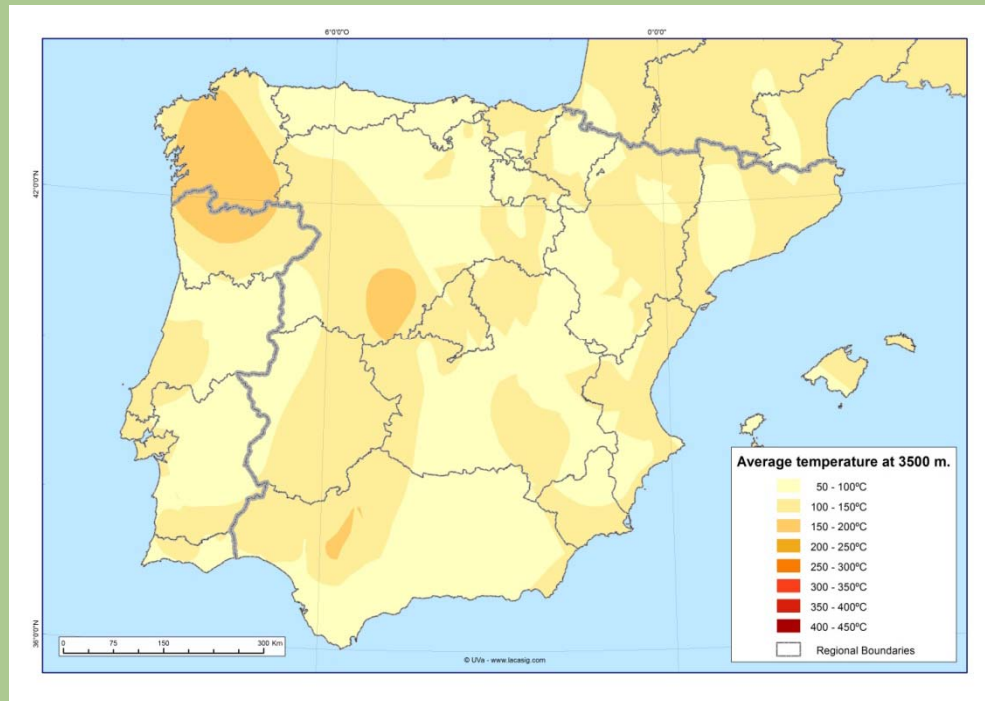
Potencial: península ibérica



3-10 km, $> 150^{\circ}\text{C}$

1 600 000 MW_e

Potencial: península ibérica

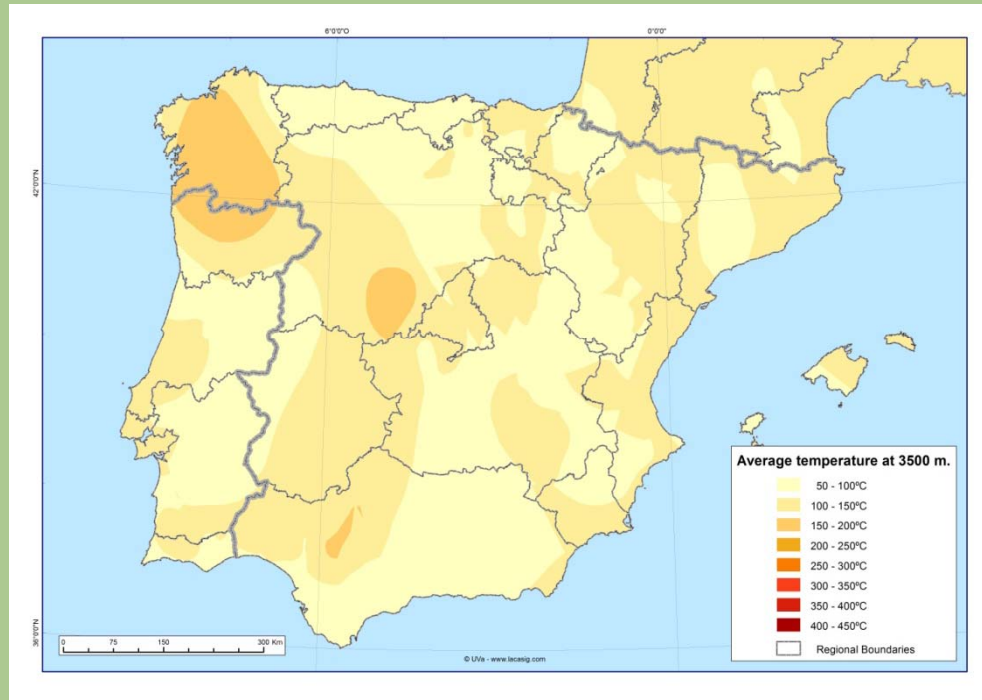


3-10 km, > 150°C

1 600 000 MW_e

0.070 W/m² x 600000 km² = 42 000 MW

Potencial: península ibérica



3-10 km, > 150°C

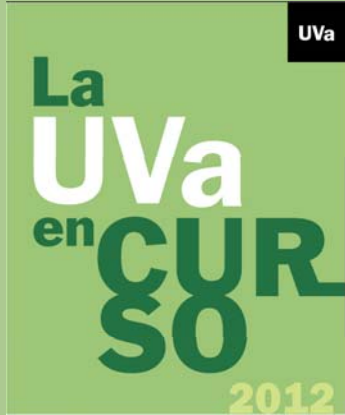
1 600 000 MW_e

0.070 W/m² x 600000 km² = 42 000 MW

Año 2050: ¿ 5 000 MW_e ?

Conclusiones

- la energía geotérmica puede contribuir de forma importante a la generación de energía eléctrica renovable
- limpia
- local, uniformemente distribuida (HDR)
- tecnología disponible y contrastada
- económica
- alta disponibilidad (continua)



El futuro de la energía:

Avances tecnológicos y prospectiva

Septiembre 2012

Energía geotérmica:

Perspectivas tecnológicas
y de cuotas de la demanda energética

César Chamorro

cescha@eii.uva.es

Dpto Ing. Energética y Fluidomecánica. UVA