



---

# Del homo sapiens al homo “energeticus”

**A. Gómez Expósito**

[con la colaboración de H. Gil]

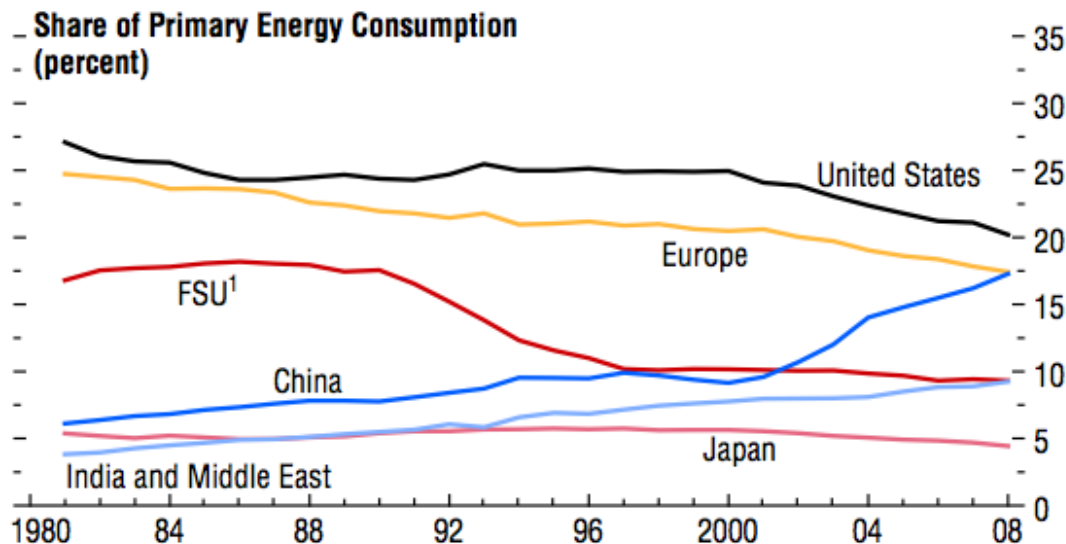
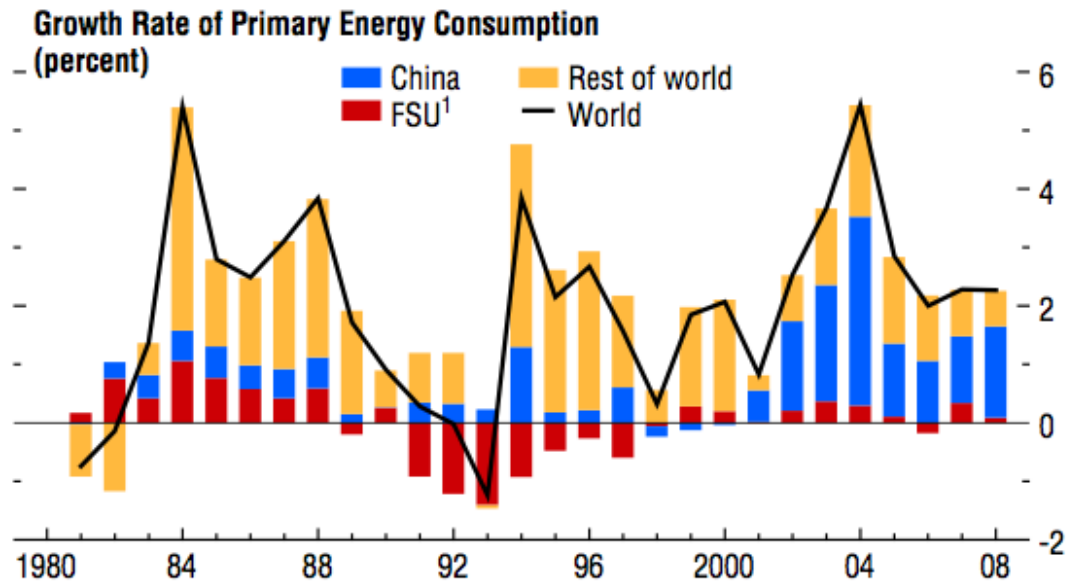
23 de mayo de 2011

# Contenido

---

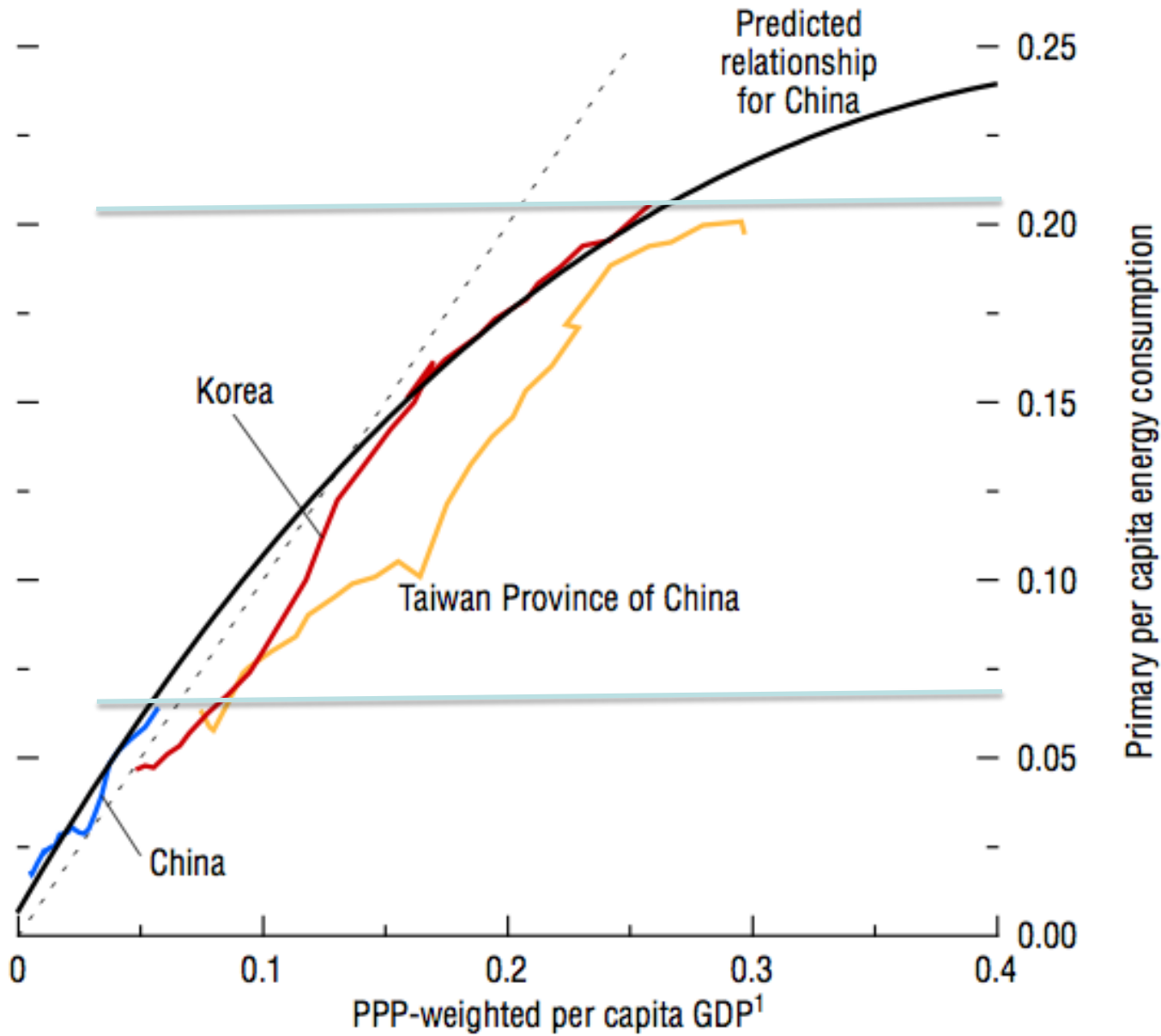
- Indicadores relevantes sobre consumo de energía y su evolución.
- Principales dificultades:
  - Fósiles
  - Renovables
  - Nuclear
- Ejemplos: Reino Unido y España

# Evolución demanda de energía (1980-2008)



China es ya hoy el mayor consumidor de energía del mundo

# PIB y consumo de energía



**Si China sigue la tendencia de sus vecinos multiplicará x3 su consumo**

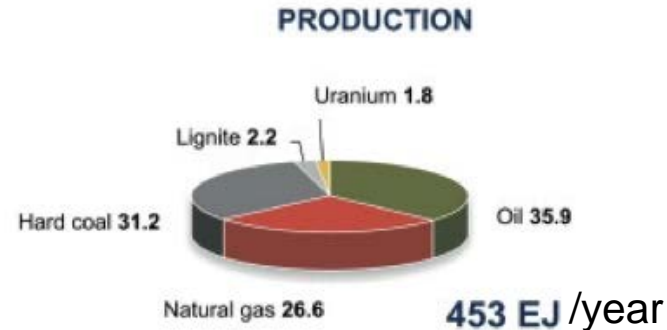
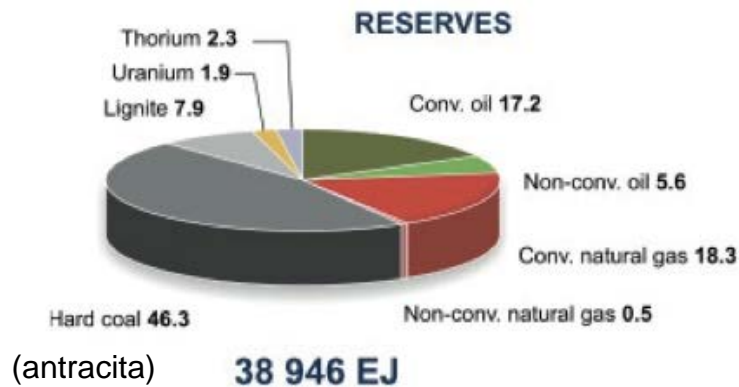
# Combustibles fósiles

---

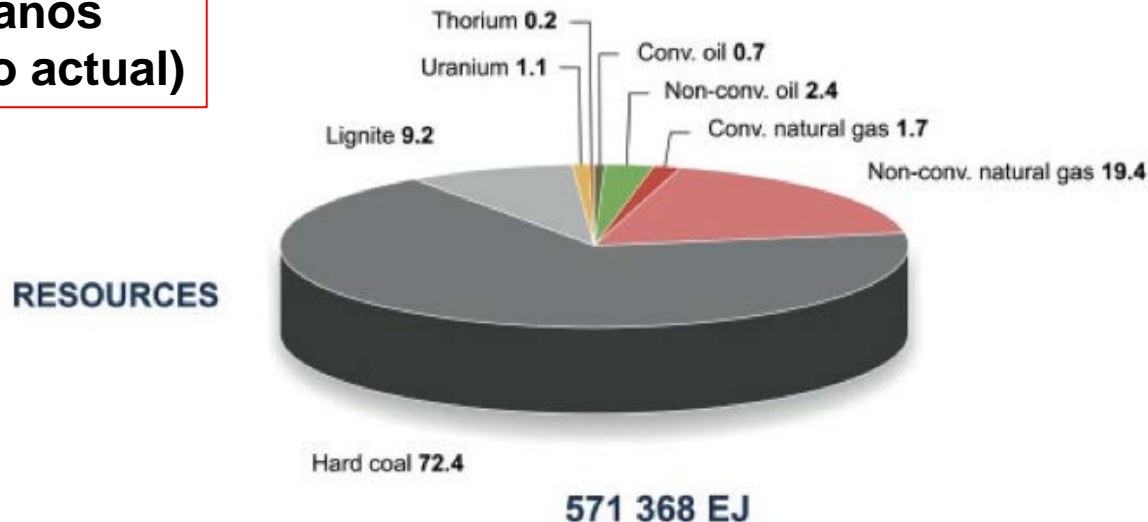
- Principales dificultades:
  - Agotamiento de fuentes (ineludible)

Precios, conflictos
  - Saturación de sumideros (parcialmente eludible)

# Producción anual, reservas y recursos (2008)

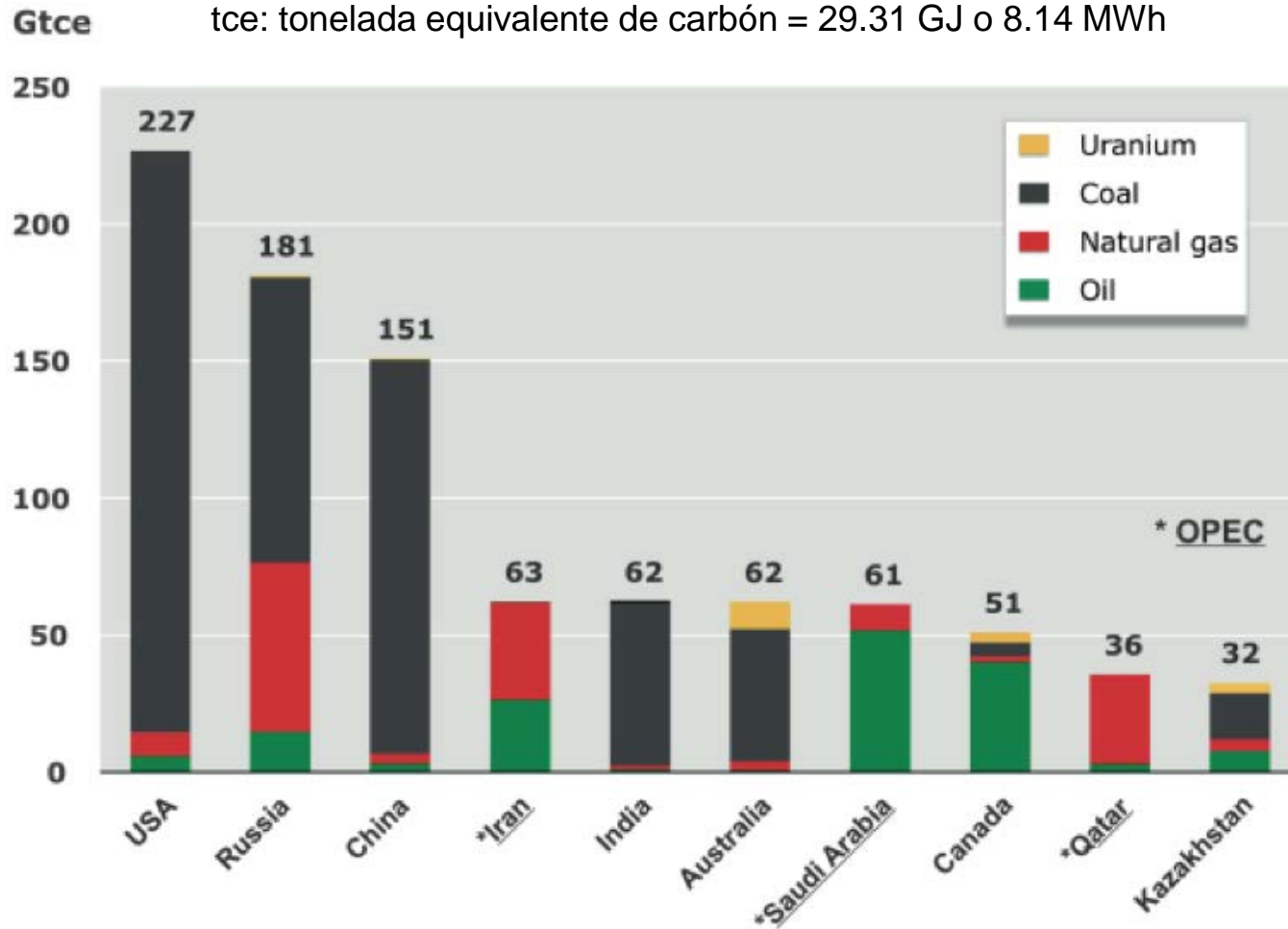


**86 años  
(al ritmo actual)**



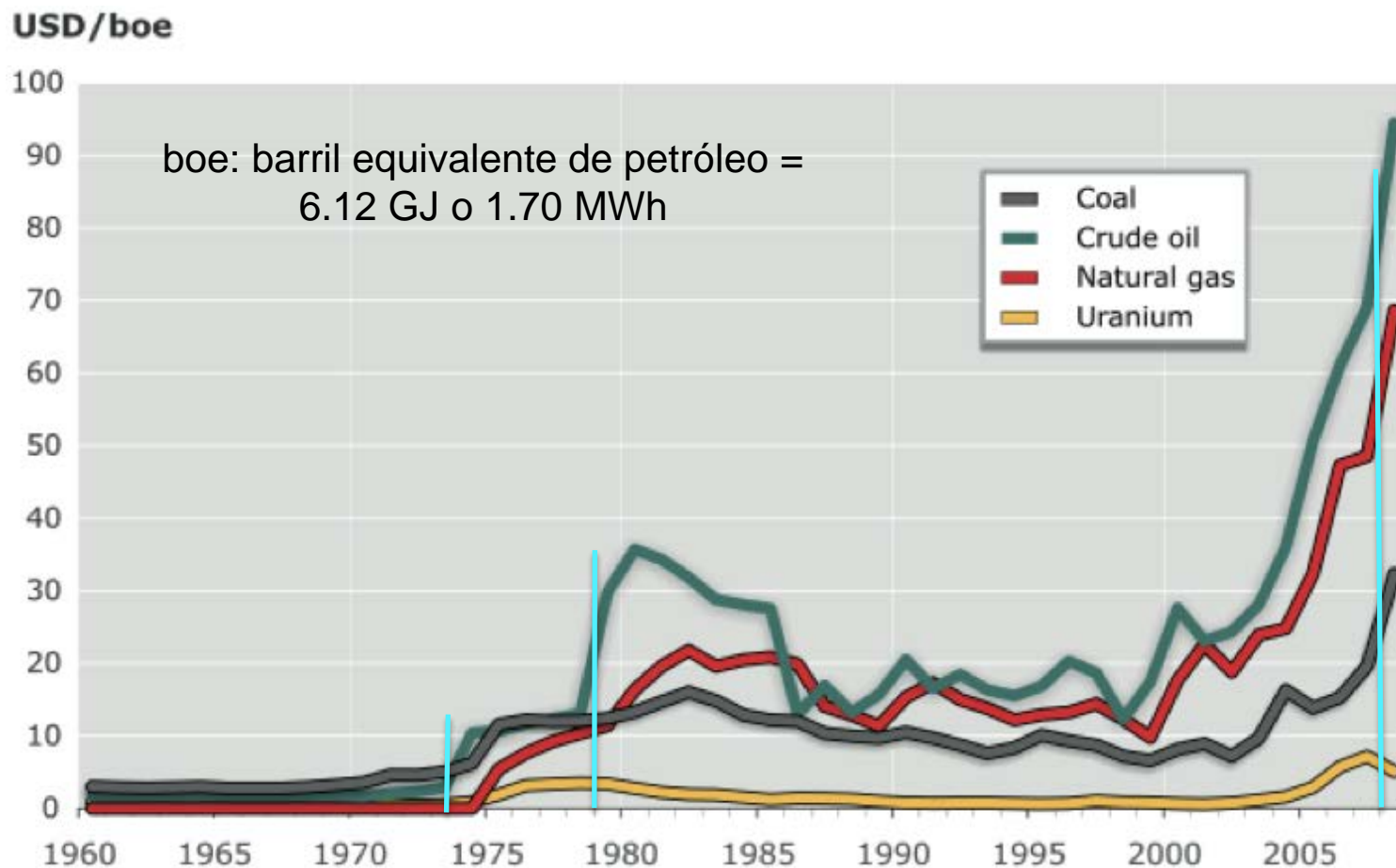
El **carbón** representa un 54% de las reservas mundiales de combustible, seguido por el **petróleo** (23%), **gas natural** (19%) y **combustibles nucleares** (4%).

# Reservas por países (2008)



Las reservas de carbón son determinantes en la clasificación de los 10 países más ricos en energía. Sólo hay 3 de la OPEP!(\*)

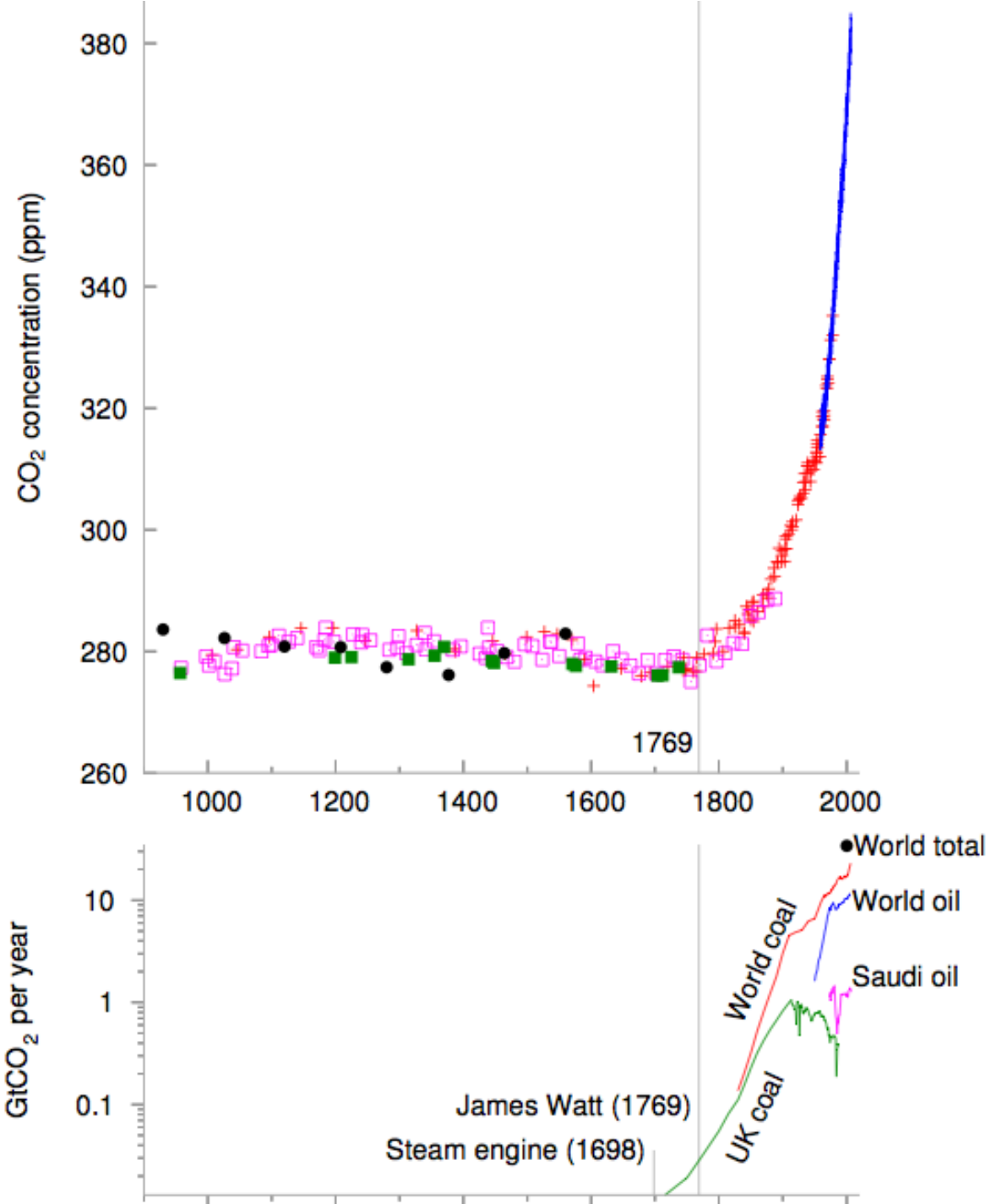
# Evolución precios de combustibles



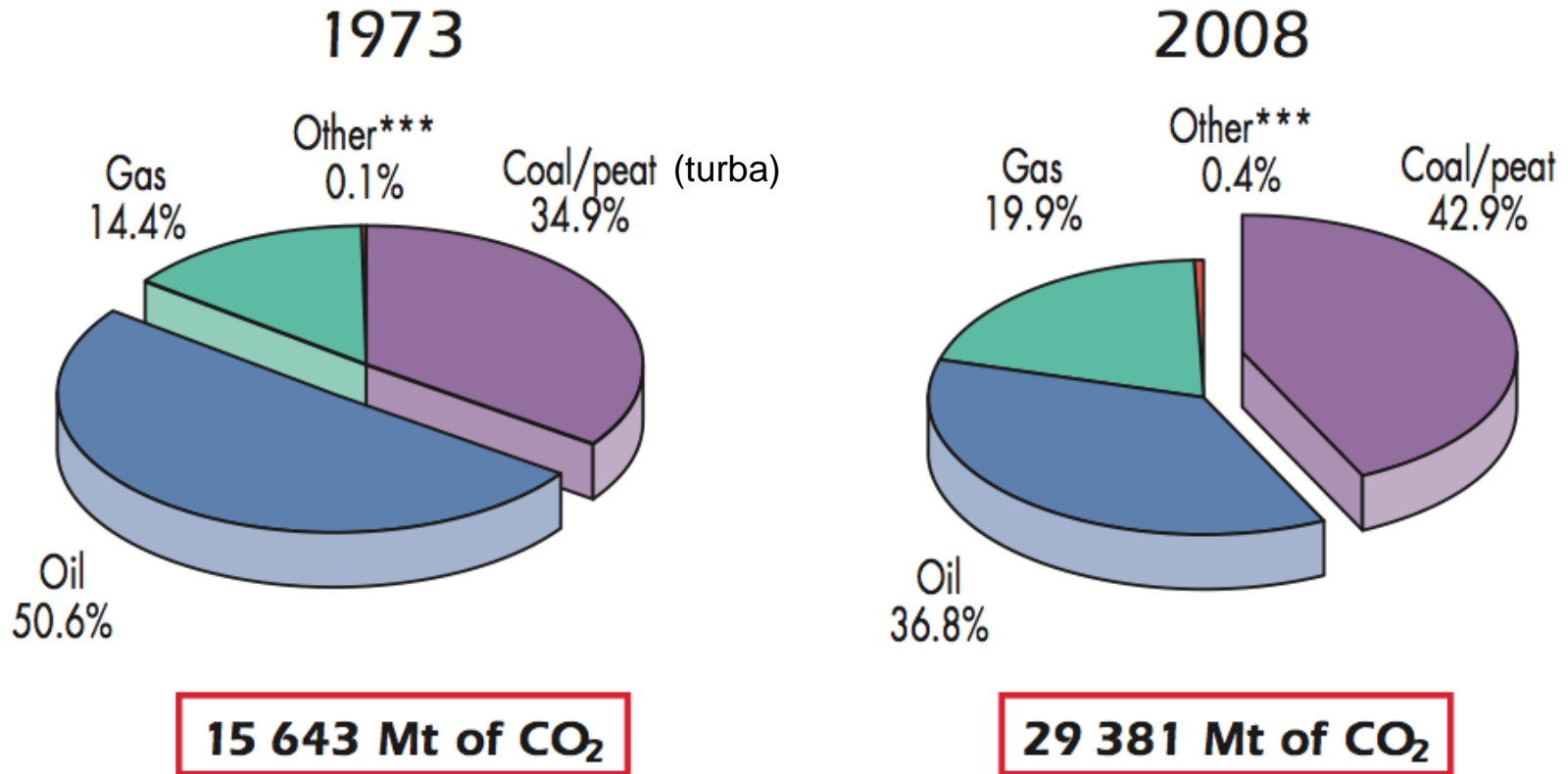
En 2008, los precios medios del carbón, petróleo y gas natural casi **cuadruplicaron** los precios de 2004



# Evolución CO<sub>2</sub>

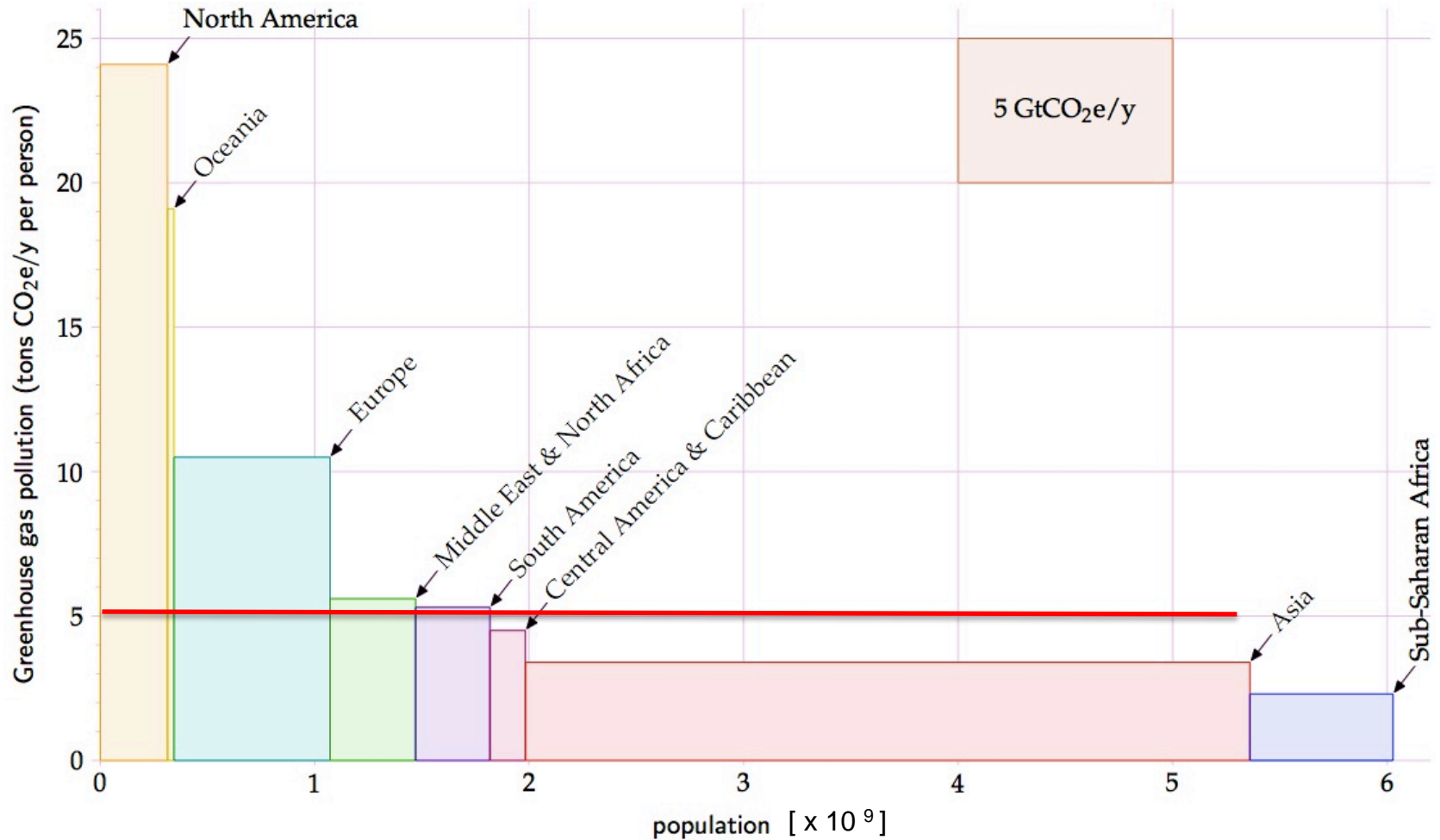


# Emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>



**Se han duplicado en 35 años**

# Emisiones de CO<sub>2</sub>e en 2002: 34 Gt

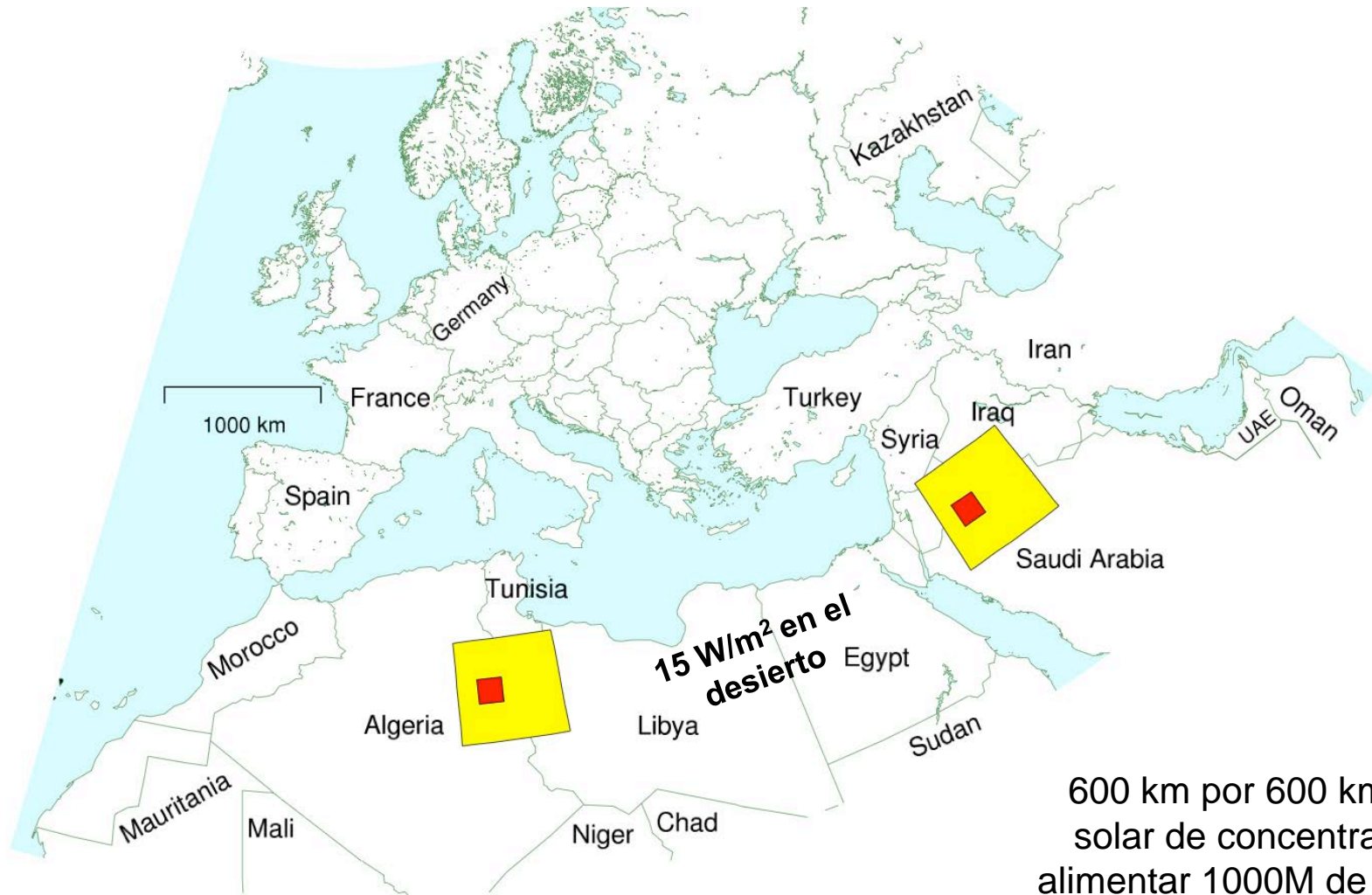


# Recursos renovables

---

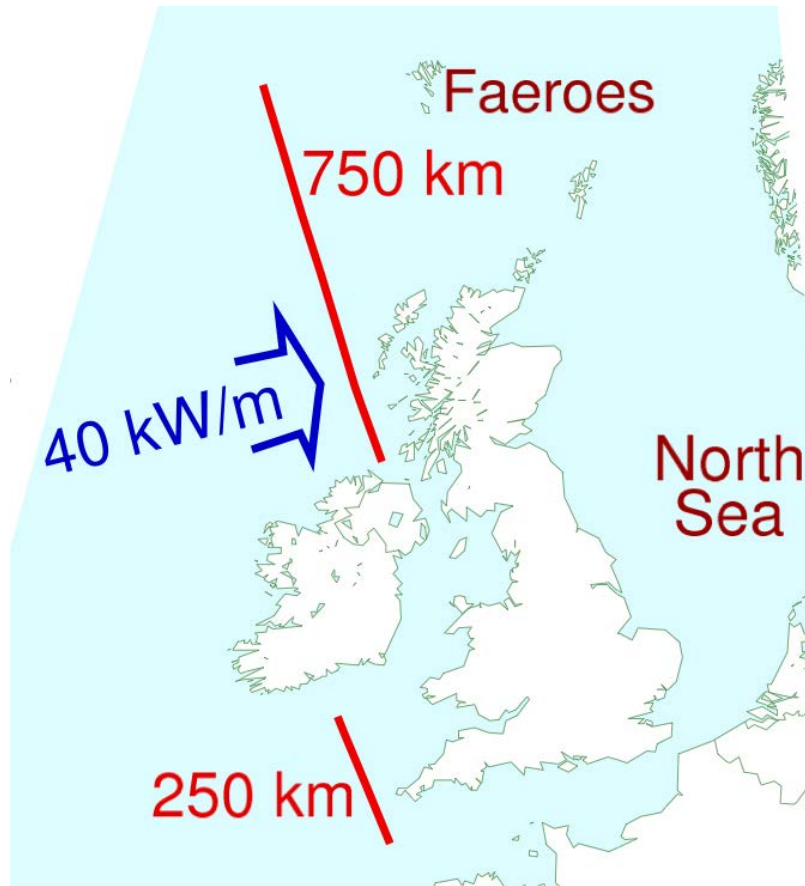
- Principales dificultades:
  - Carácter disperso y difuso
  - Necesidad de almacenamiento
  - Ocupación de espacios e impacto ambiental
  - Coste (?)

# El famoso 'cuadrado solar'



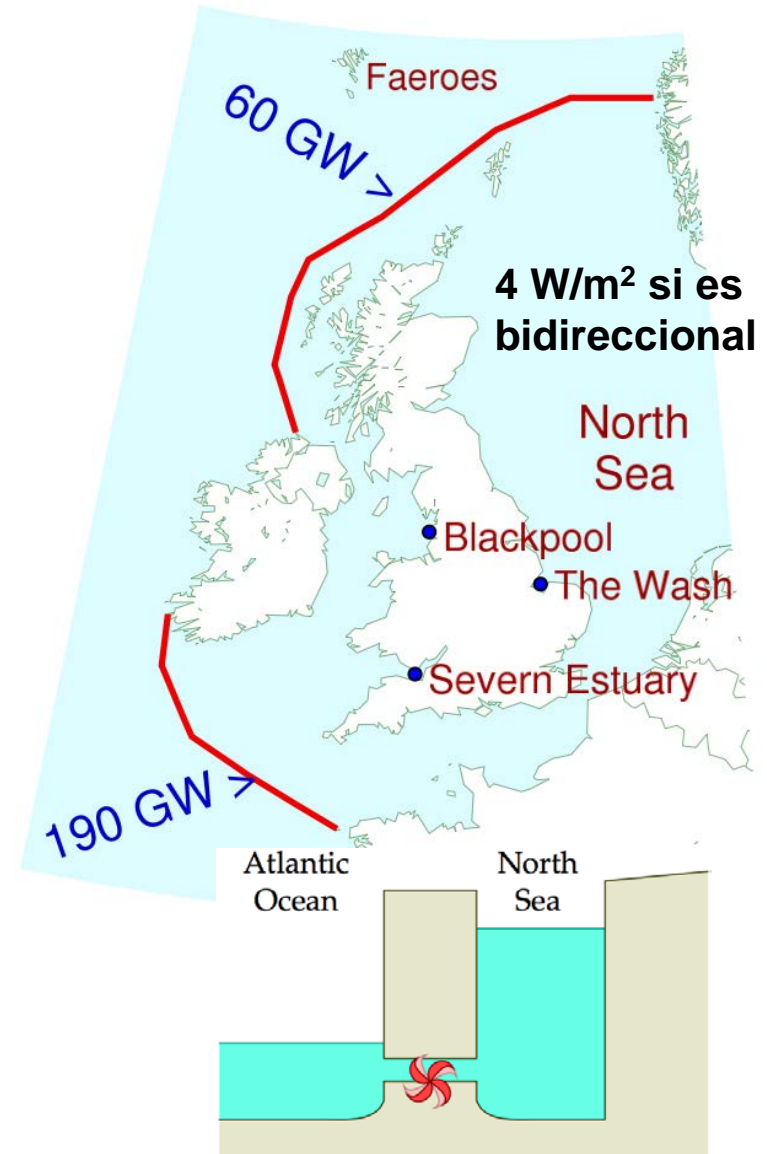
600 km por 600 km. Energía solar de concentración para alimentar 1000M de personas al consumo promedio de energía en Europa

# Potencial teórico bruto de mareas y olas



60 británicos/m

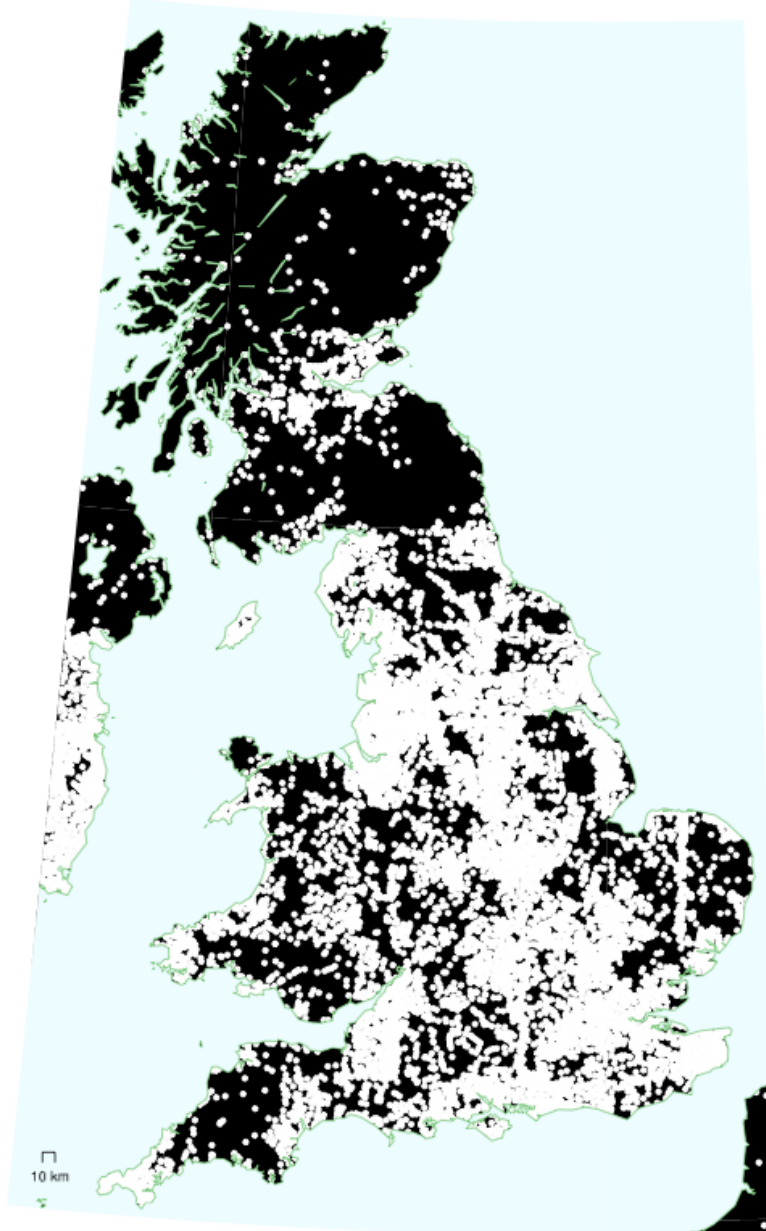
25% eficiencia → 150W/persona



4 m entre pleamar y bajamar

# Zona de exclusión eólica en Reino Unido

---



En color negro las áreas  
a **más de 2km** de  
núcleos urbanos

**Zona de exclusión en  
color blanco**

# Potencial energético renovables

Para producción de electricidad:

Tecnología	Densidad energética (W/m <sup>2</sup> )
Solar (térmica)	8-15
Solar (fotovoltaica, $\eta=0.1$ )	5-25
Eólica (terrestre)	2
Eólica (marina)	3-4
Olas	<6 kW/m
Mareas	3-5
Hidroeléctrica (volumen embalsado)	11
Hidroeléctrica (superficie cuenca)	<0.25
Biomasa (sauce, miscanthus) [salvo zonas tropicales]	0.15-0.3



# Miscanthus: una planta prometedora

**Miscanthus giganteus:** gramínea vivaz procedente de Asia. Dos ventajas interesantes para la producción de biocarburantes: produce mucha biomasa y requiere pocos insumos.



Perenne (15 años)

Hasta 25t/ha (peso seco)

# Almacenamiento

---

- Bombeo
- Aire comprimido
- Electroquímico (NaS, flujo,...)
- Mecánico (volantes)
- SMES
- Hidrógeno
- Biomasa

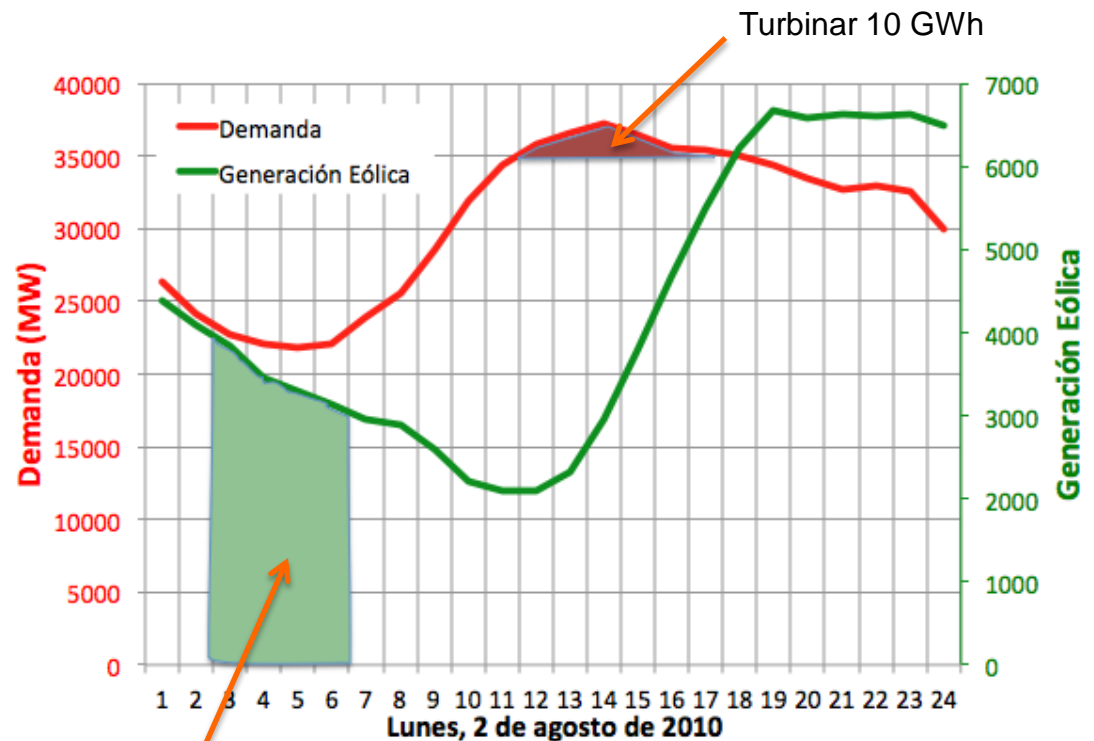
# Bombeo puro

## Ejemplo:

La Muela, Río Júcar  
Capacidad: 628,4 MW  
Salto neto: 420 m  
Embalse (útil): 20 hm<sup>3</sup>



Energía almacenada aprovechable  $\approx$  10 GWh



Utilizar 14 GWh eólicos en bombeo



# Aire comprimido

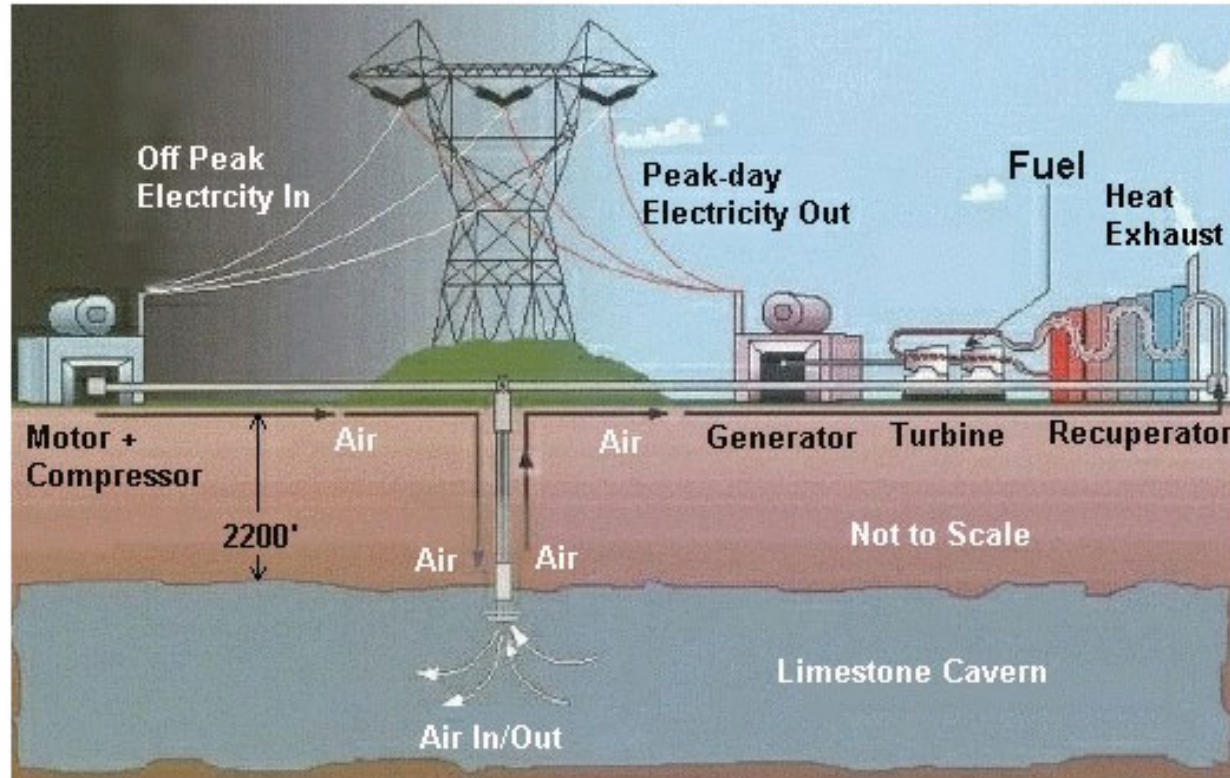


Photo Courtesy of CAES Development Company

Eficiencia global:

Diabática convencional: 42-56%

Adiabática avanzada: <70% (no utiliza gas natural, fase de I+D)

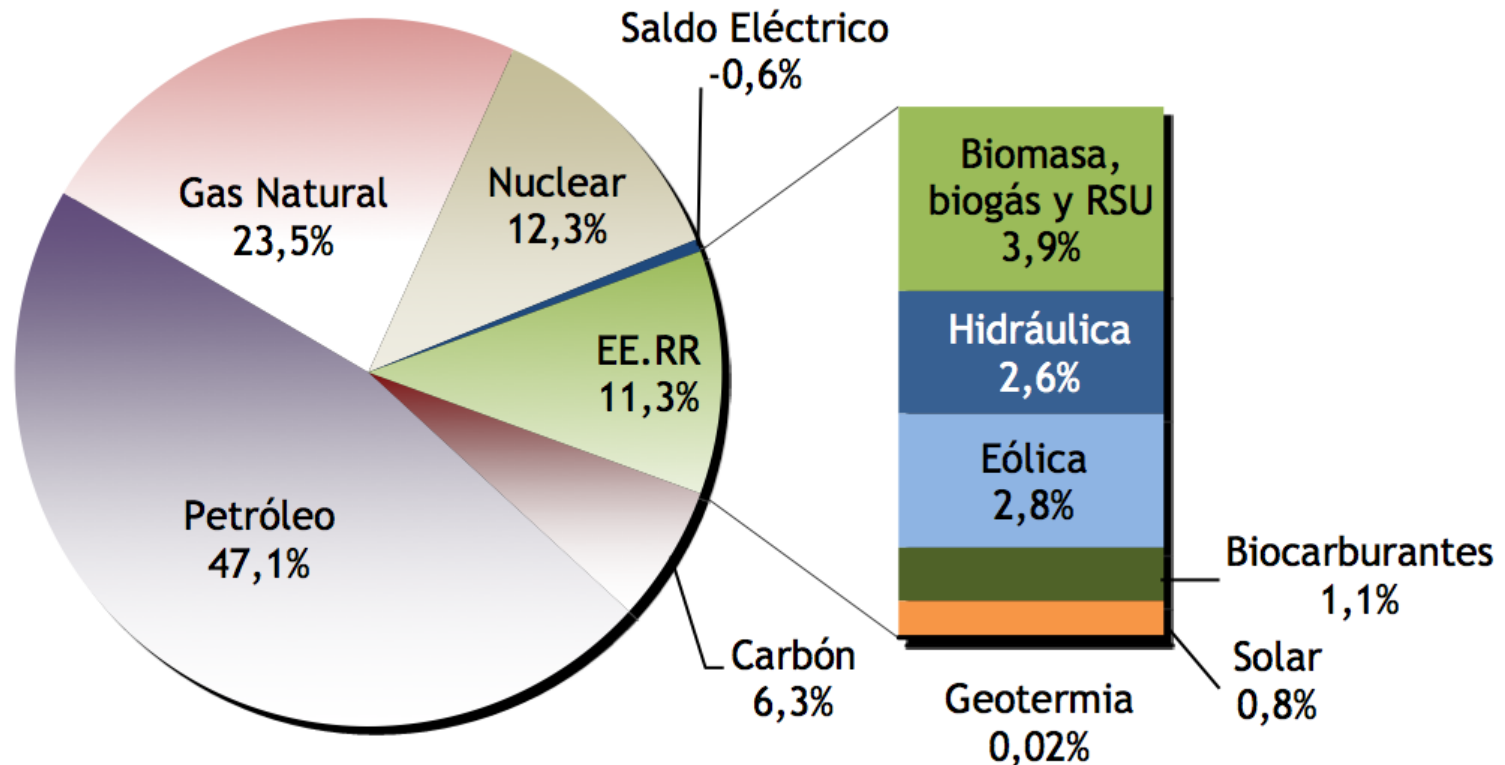
# Demanda energía primaria España

En 2008: **150 Mtep**











(1 tep= 42 GJ = 11.67 MWh)

**Cada habitante dispuso de 104 kWh/d**

**Potencia media 4.3 kW per-cápita (8x M. Indurain a plena potencia)**

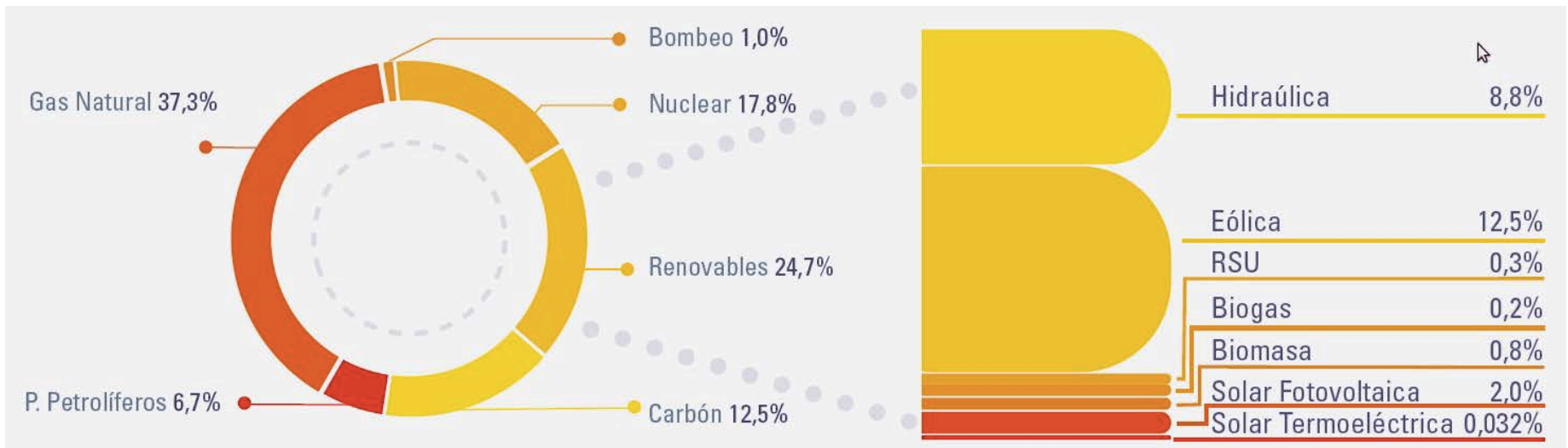


# Consumo final por sectores (2008)

Sectores		%	Tendencia
Transporte		40,2%	
Industria		30,4%	
Hogar		16,7%	
Servicios: Comercio Hoteles Oficinas		9,3%	
Agricultura y otros		3,4%	

Fuente: IDAE

# Producción energía eléctrica (2009)



# Centrales de bombeo en España

Capacidad total (2001): **4.996 MW**

24 centrales (8 bombeo puro\*, 16 mixtas)

65% - 80% rendimiento de ciclo

Mayores centrales	Río	Capacidad (MW)
Villarino	Tormes	810
La Muela*	Júcar	628,4
Estany Gento-Sallente*	Flamisell	451
Aldeadávila II	Duero	420
Tajo de la Encantada*	Guadalhorce	360
Aguayo*	Torina	339,2

## Futuras adiciones:

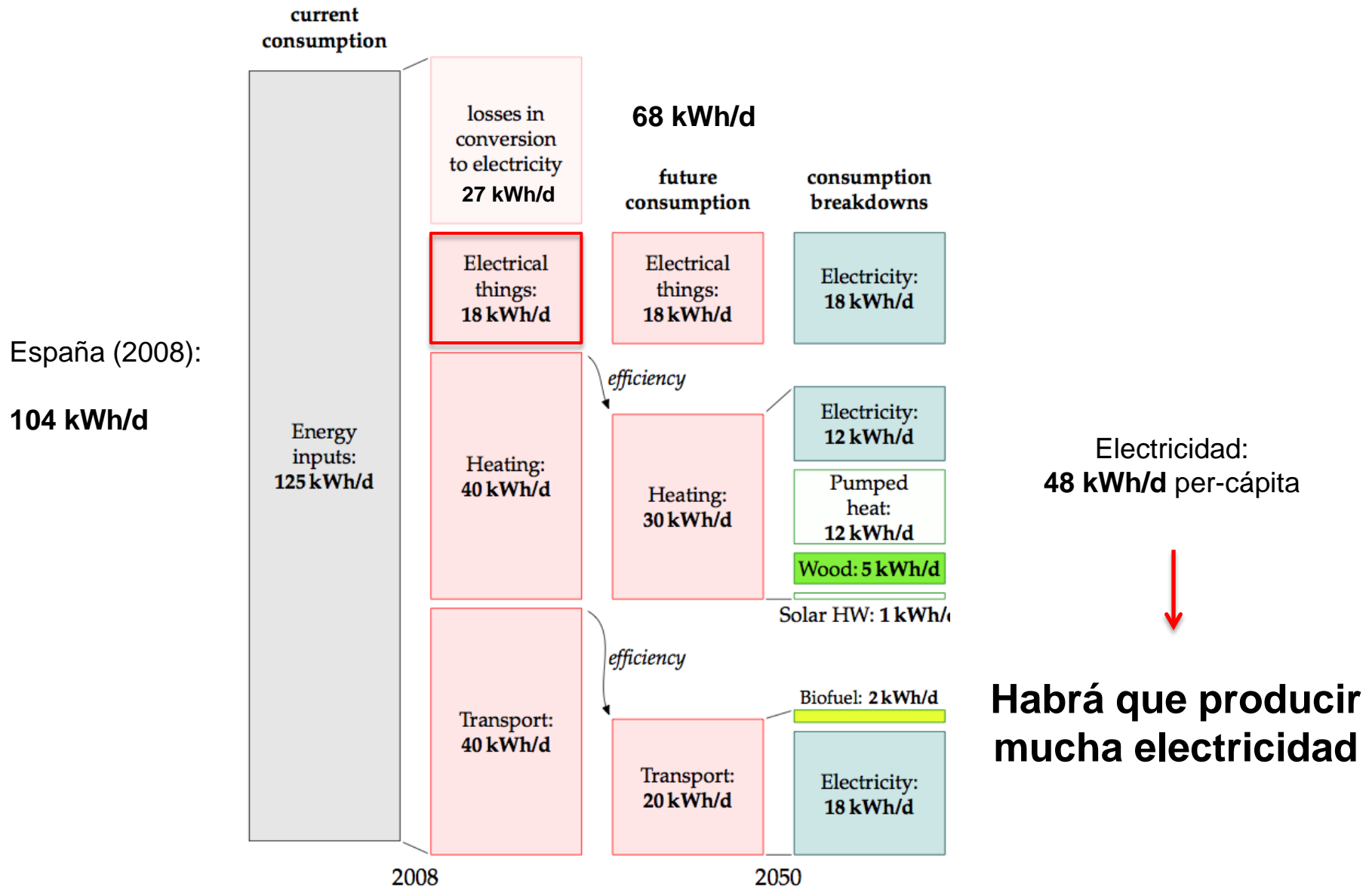
La Muela II (en construcción): 852 MW

Moralets II: 400 MW

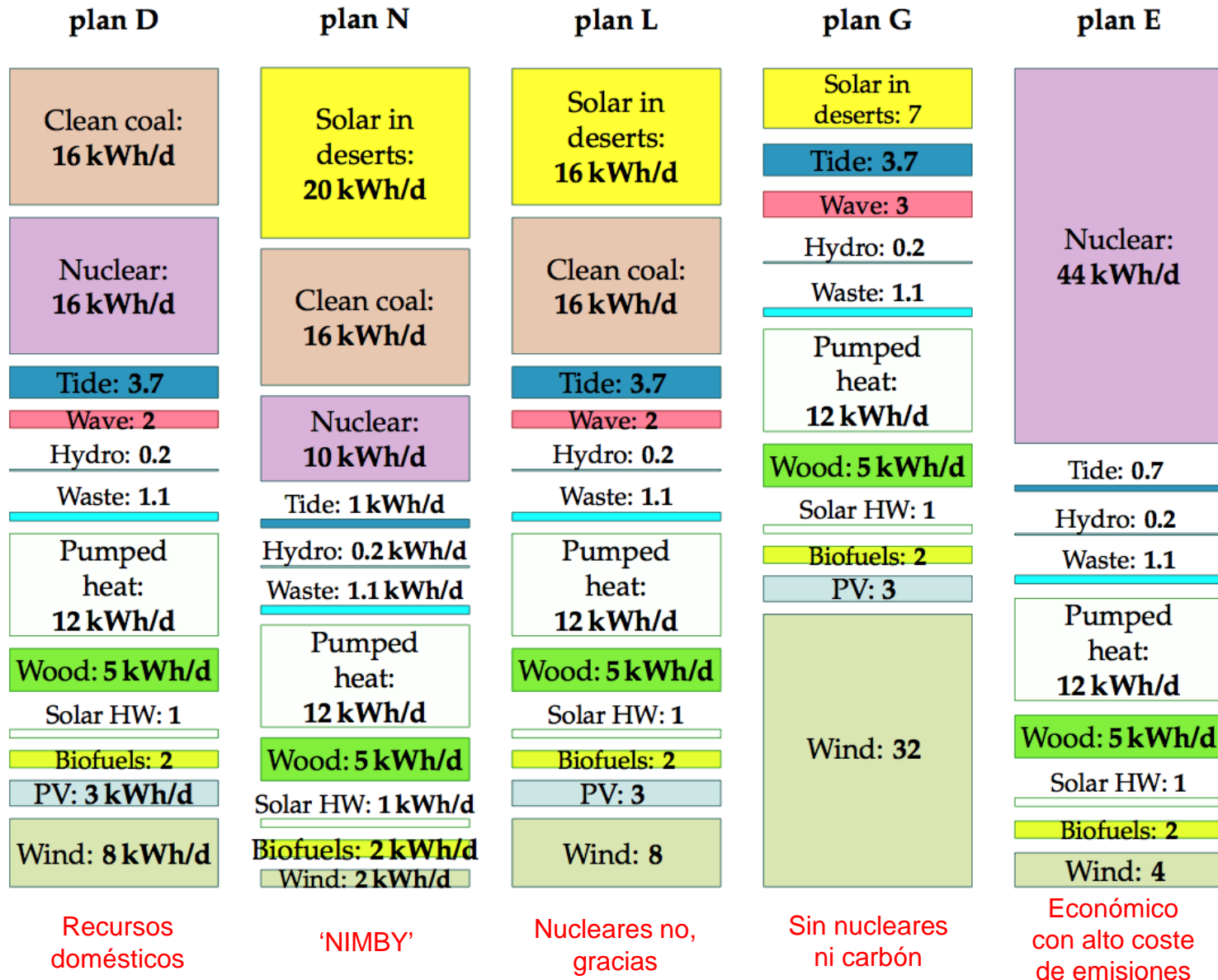
Objetivo final: unos **6000 MW**



# Consumo actual en Reino Unido y potencial reducción por eficiencia energética (electrificación)



# Cinco alternativas para Reino Unido



# Plan “promedio” para Reino Unido

Solar in deserts:  
16 kWh/d

Clean coal: 3

Nuclear:  
16 kWh/d

Tide: 3.7

Wave: 0.3

Hydro: 0.2

Waste: 1.1

Pumped heat:  
12 kWh/d

Wood: 5 kWh/d

Solar HW: 1

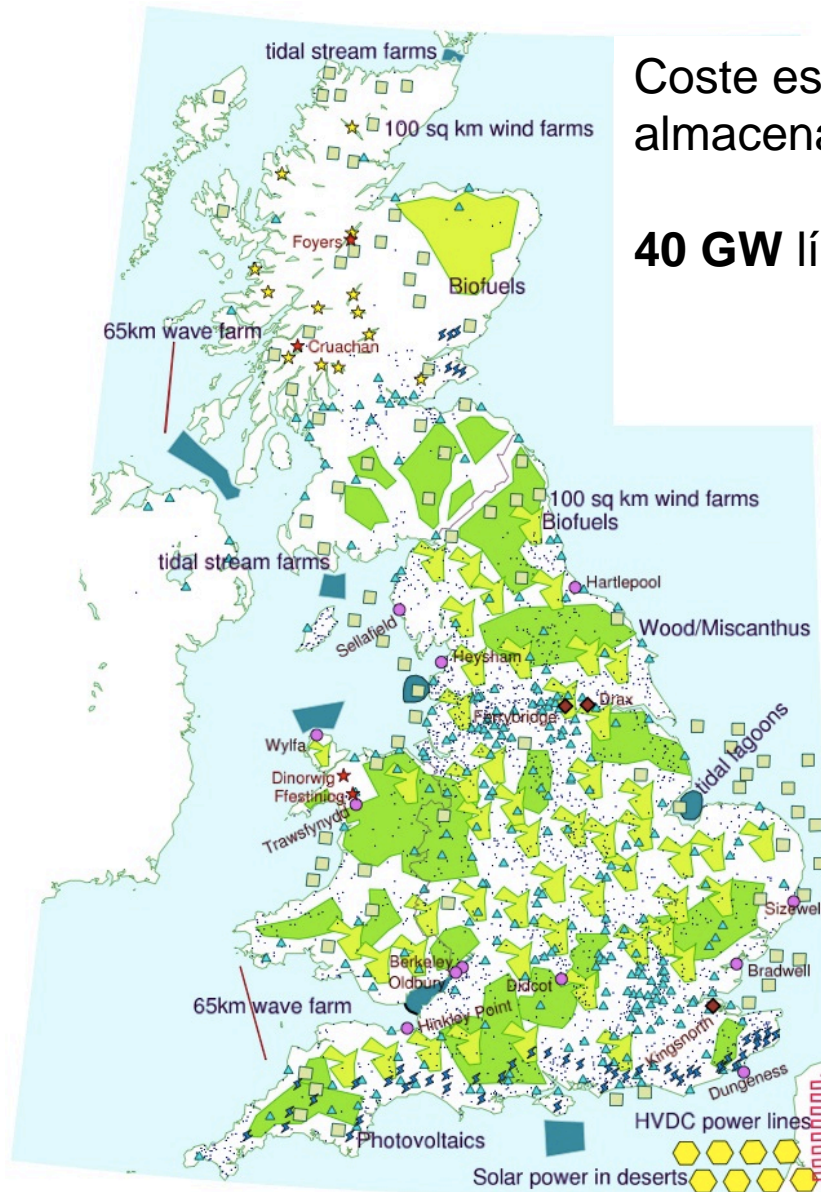
Biofuels: 2

PV: 2

Wind: 8

Coste estimado ignorando almacenamiento: **390 G€** (60% e. solar)

**40 GW** líneas HVDC (2000 km longitud)



# El papel del liderazgo

---

*A menos que actuemos, no en un futuro lejano sino ahora, dichas consecuencias tan desastrosas serán irreversibles. No hay nada más serio, más urgente o más desafiante para un líder.*

**Tony Blair, octubre de 2006**

*“... a bit impractical actually to expect people to do that.”*

**Tony Blair, dos meses después**

(respuesta a la pregunta de un periodista:  
¿no debería manifestar su liderazgo no  
viajando a Barbados de vacaciones?)

# Fuentes en internet

---

- **David JC MacKay, *Sustainable Energy — without the hot air***
- Agencia Internacional de la Energía, *2010 Key World Energy Statistics*
- Fondo Monetario Internacional, *WORLD ECONOMIC OUTLOOK, April 2011*
- IDAE, *Memoria anual 2009 y Guía práctica de la energía*
- Ministerio de Industria, *LA ENERGÍA EN ESPAÑA, 2009*
- Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Reserves (Germany), *Resources and Availability of Energy Resources, 2009 Report.*
- REE

# Conclusión

---

7000M de almas en el planeta ...

¿es sostenible?