

El reto energético, de la fisión a la fusión nuclear

Nuevos tipos de reactores de fisión y, a más largo plazo, reactores de fusión, que imitan el comportamiento de las estrellas, serán necesarios si se quiere hacer frente al calentamiento global, pero el camino no será sencillo.

Guillermo Sánchez (<http://diarium.usal.es/guillermo>)

Ávila 2015-10-19

- La demanda energética continuará aumentando en los próximos años.
- Europa depende casi totalmente de fuentes de energías externas, y esta situación continua empeorando.
- Nuevos hechos están modificando el panorama energético de forma impredecible
- El calentamiento global es un hecho y sus consecuencias pueden ser desastrosas
- ¿Qué podemos hacer? ¿Serán las energías renovables la solución? ¿Podemos prescindir de la energía nuclear?

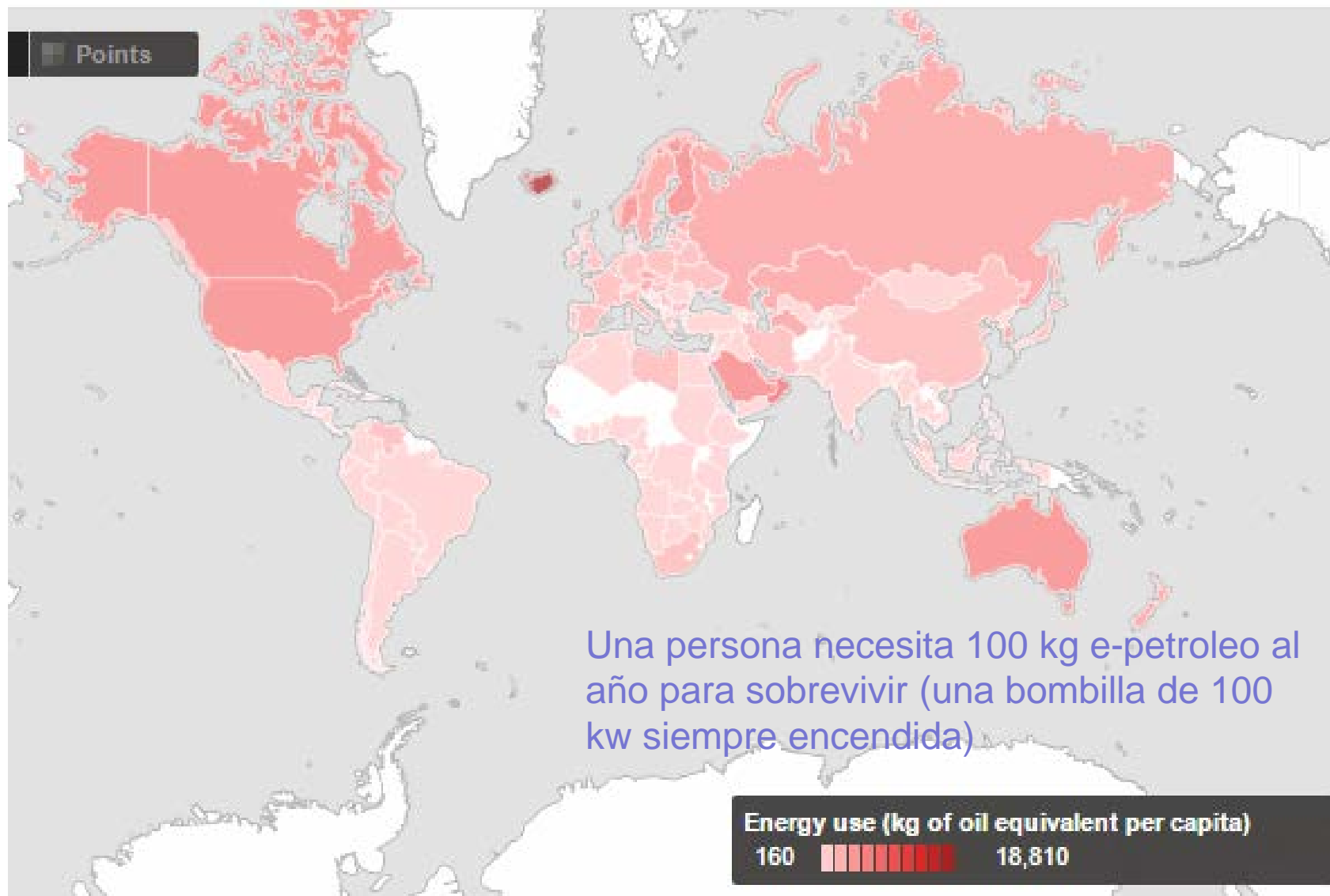
La Tierra de noche

NASA: A map of the night-time city lights of the world constructed from images taken by the Defense Meteorological Satellite Program's Operational Linescan System



Consumo energético por habitante

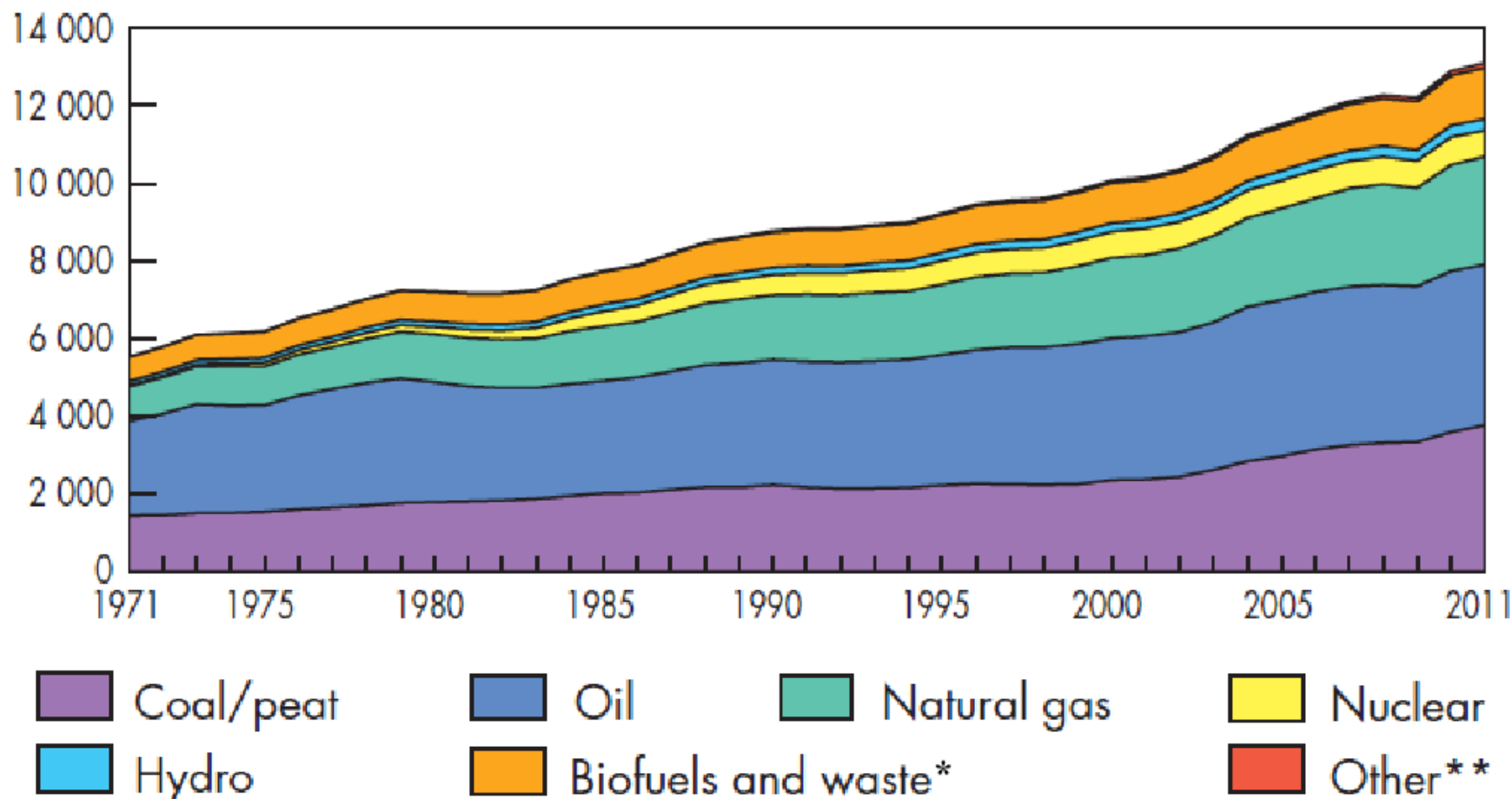
Fuente: WB, IEA Statistics © OECD/IEA 2014



El consumo mundial de energía se ha duplicado en 30 años

TOTAL PRIMARY ENERGY SUPPLY (The World)

Evolution from 1971 to 2011 of World Total Primary Energy Supply by Fuel (Mtoe)



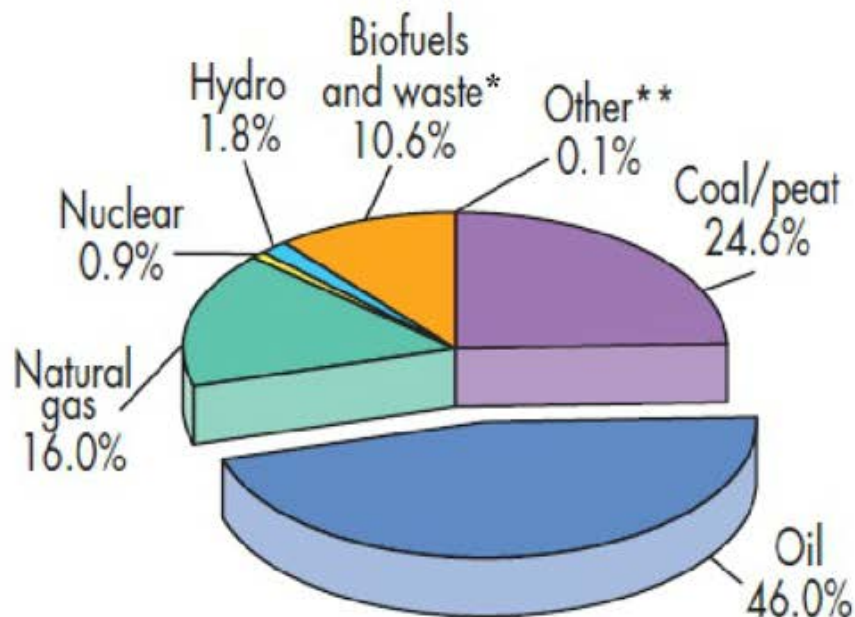
* Biomasa, productos animales y residuos

** Incluye geotérmica, solar, eólica, etc.

TOTAL PRIMARY ENERGY SUPPLY (The World)

1973 and 2011 Fuel Shares of TPES

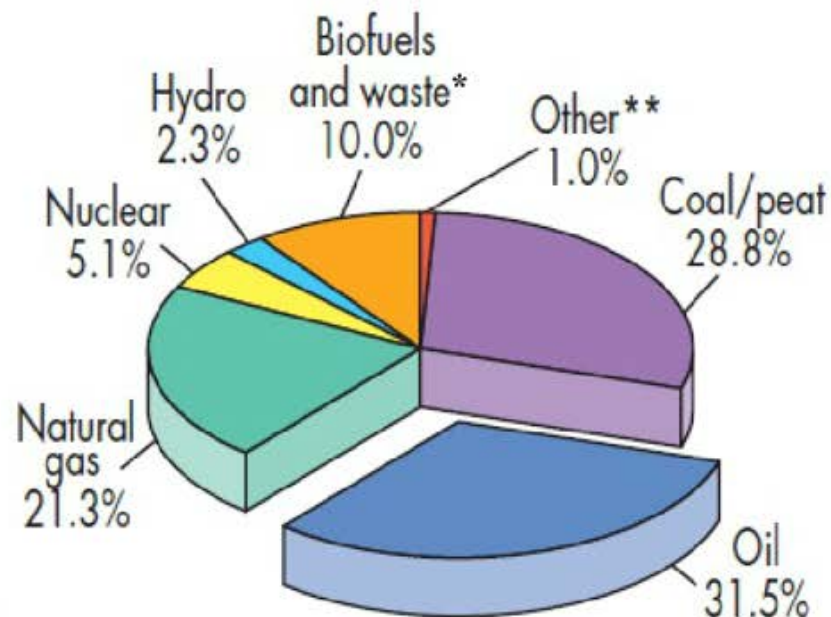
1973



6 109 Mtoe

* Biomasa, productos animales y residuos

2011

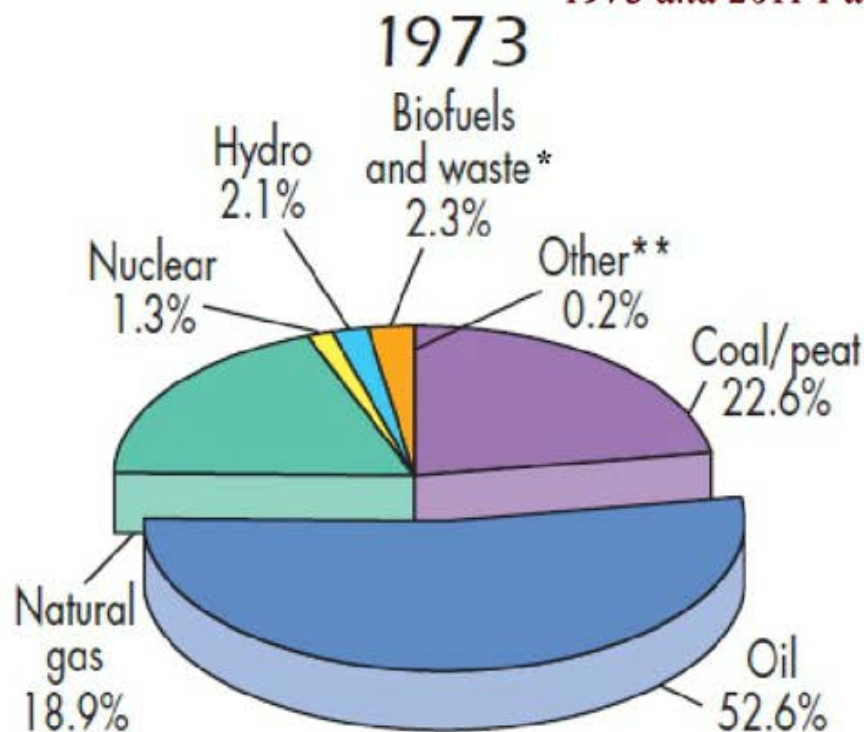


13 113 Mtoe

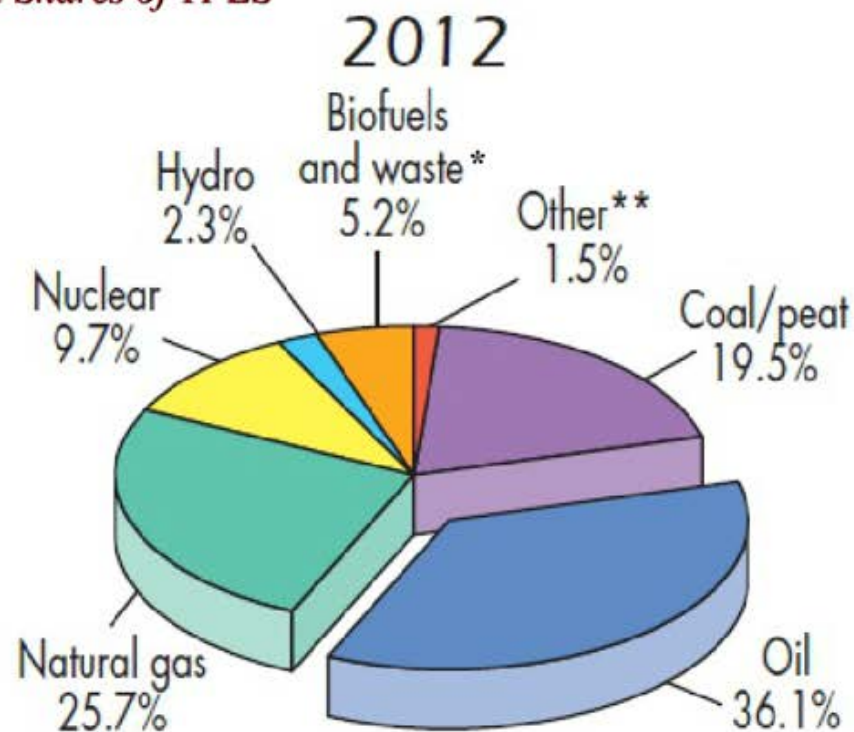
** Incluye geotérmica, solar, eólica, etc.

TOTAL PRIMARY ENERGY SUPPLY (OECD)

1973 and 2011 Fuel Shares of TPES



3 740 Mtoe



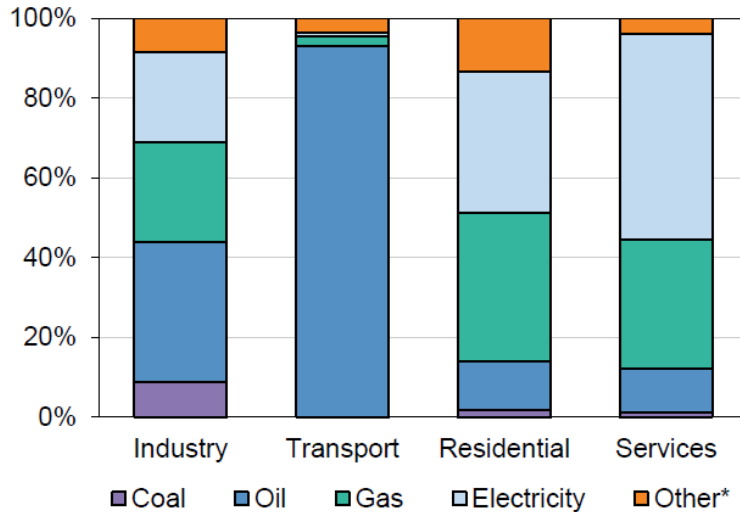
5 239 Mtoe

* Biomasa, productos animales y residuos

** Incluye geotérmica, solar, eólica, etc.

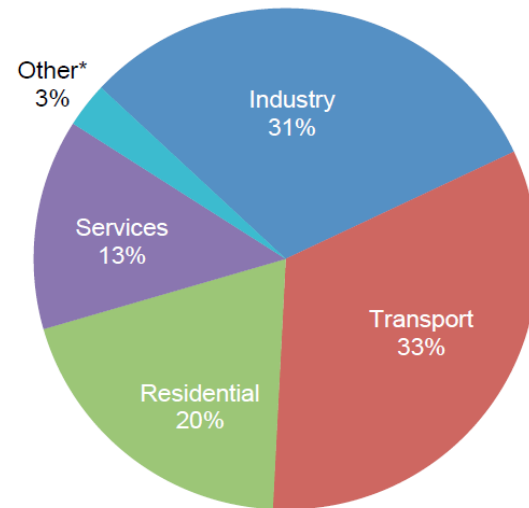
¿Dónde se consume la energía?

Figure 16. Total Final Consumption by sector: shares by energy source (2013)



*Other includes biofuels and waste, direct use of geothermal/solar thermal and heat.

Figure 15. OECD Total Final Consumption by sector 2013

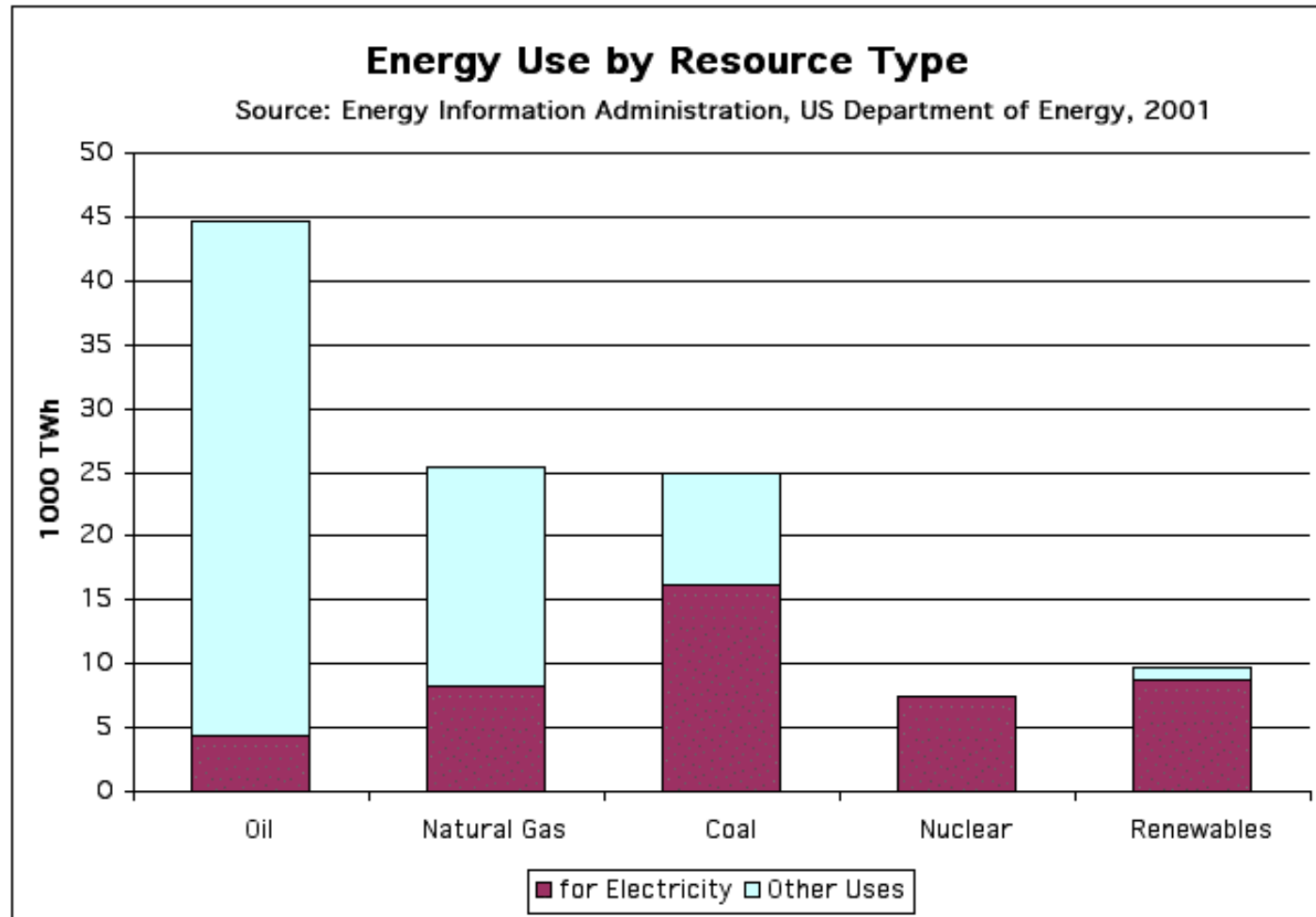


*Other includes agriculture, forestry, fishing and non-specified.

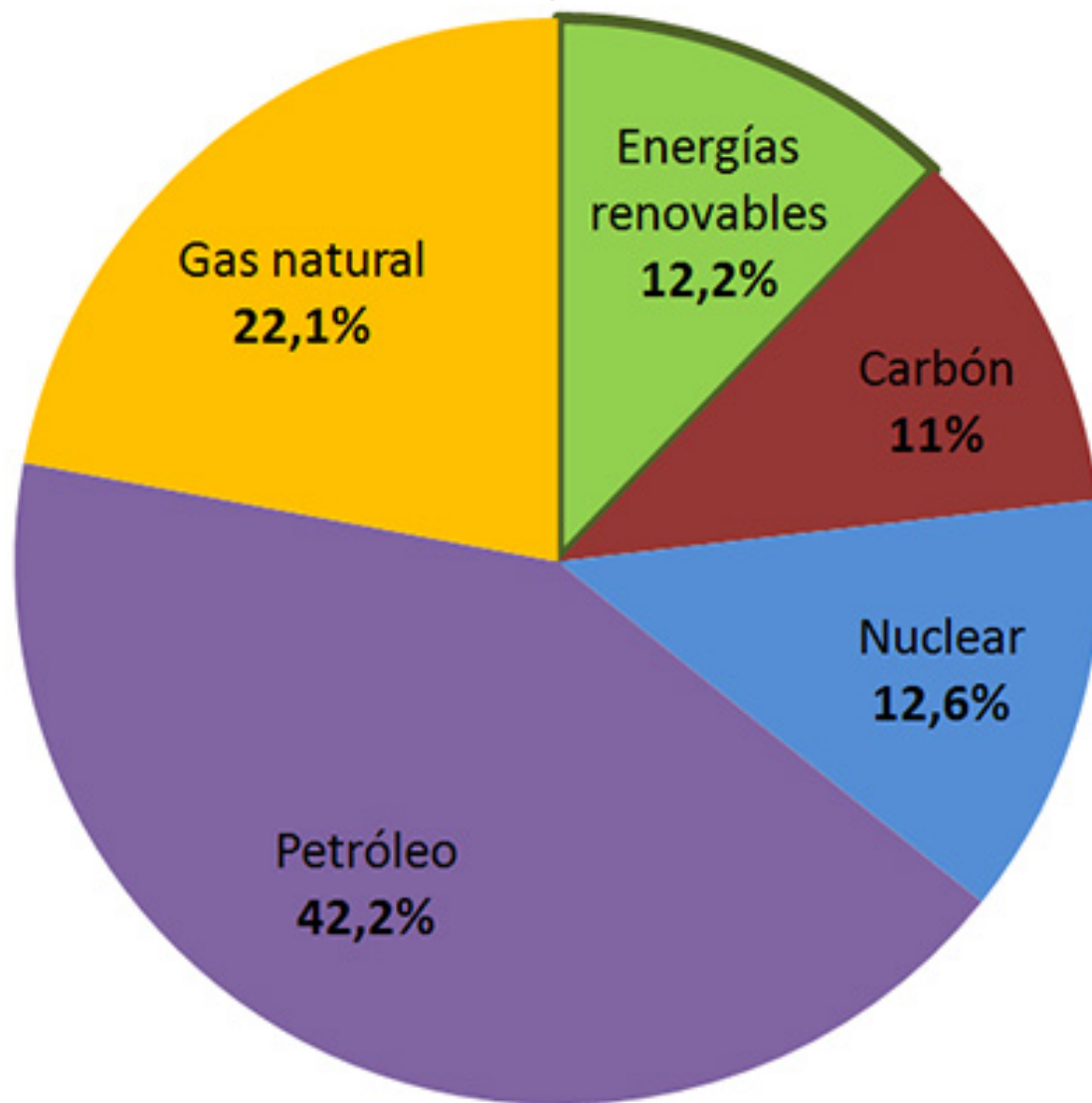
El 23% aprox. en forma de electricidad

Fuente: IEA Energy Balances of OECD countries - 2015 edition

La electricidad solo es una parte de la energía primaria y no es la que produce mayores emisiones de CO₂

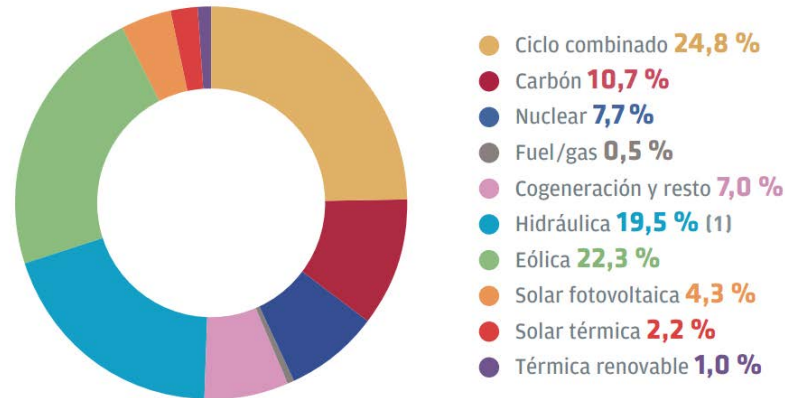


España



Fuente: Balance energético 2012 MINETUR

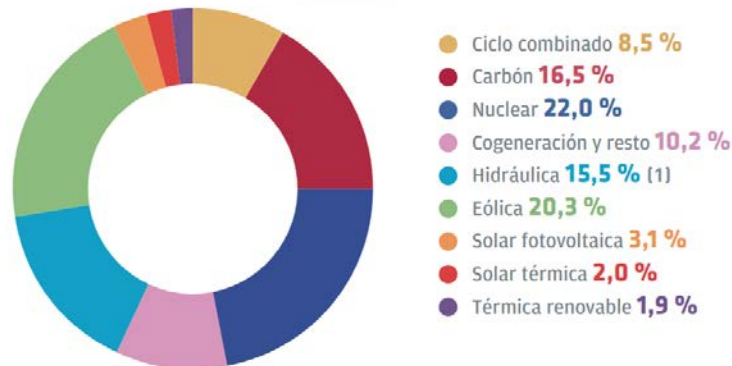
Potencia instalada a 31.12.2014. Sistema eléctrico peninsular



(1) Incluye la potencia de bombeo puro (2.517 MW).

Electricidad: Potencia instalada no es energía consumida

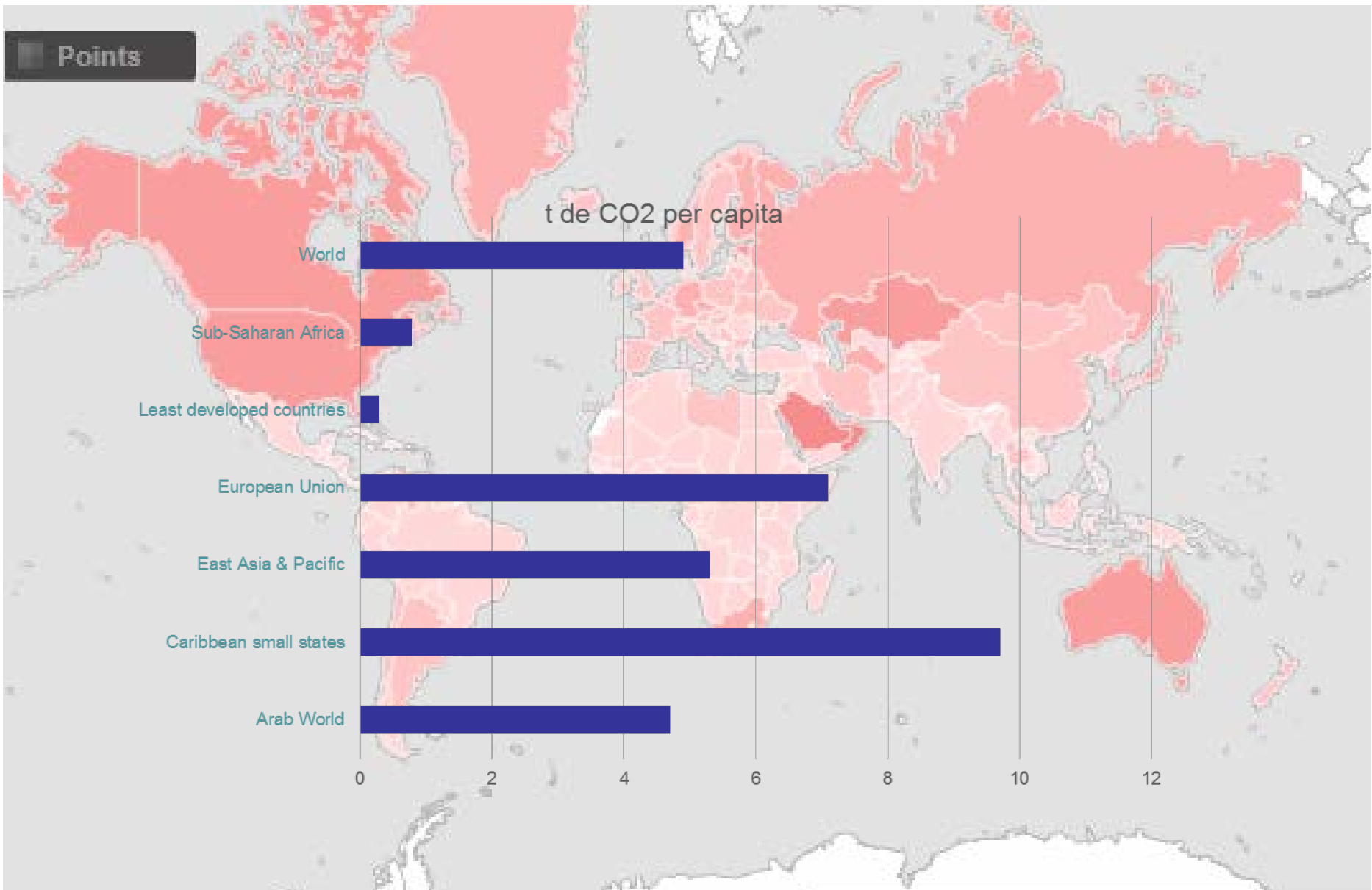
Cobertura de la demanda anual de energía eléctrica peninsular



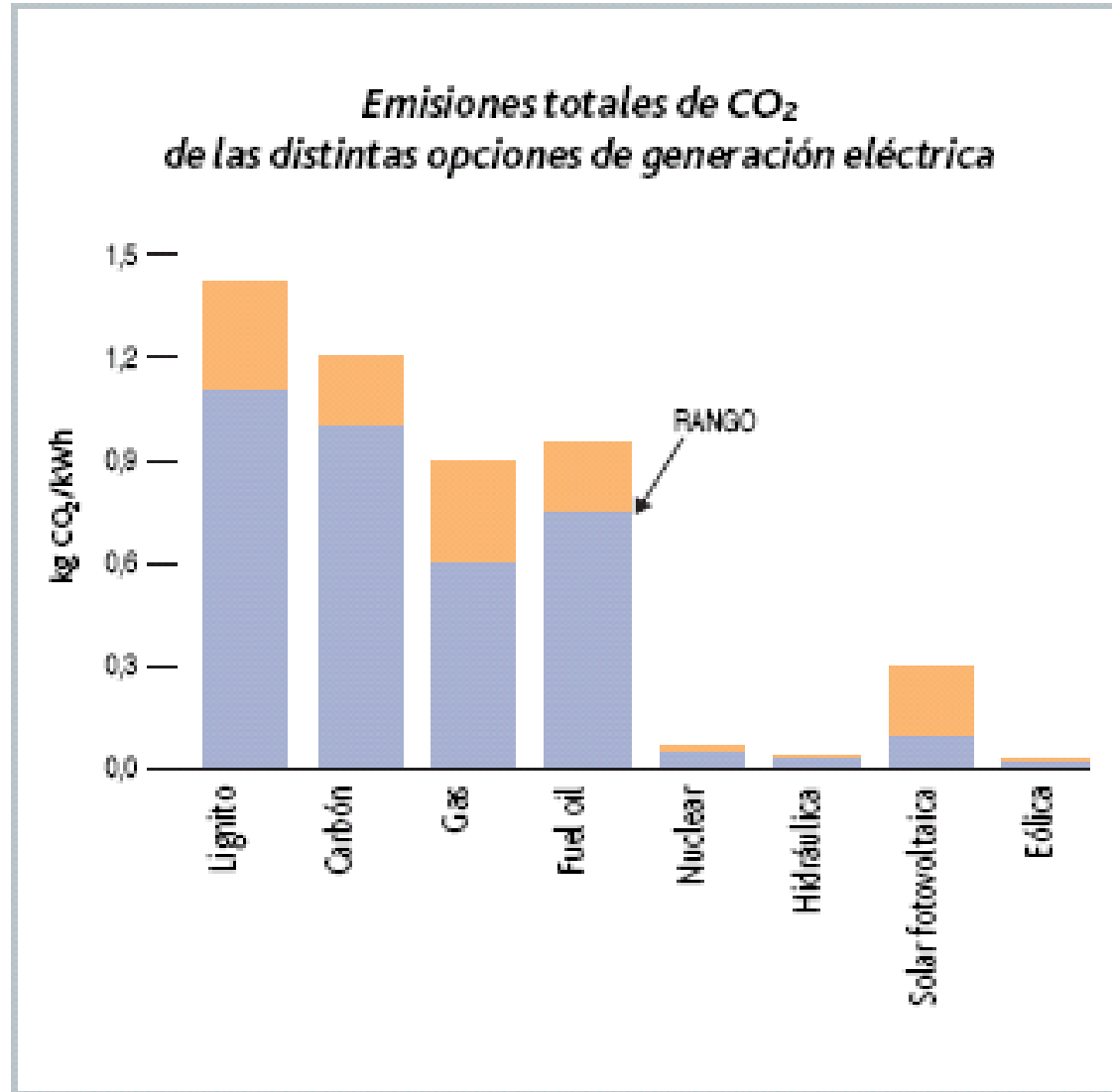
(1) No incluye la generación de bombeo.

Emisiones de CO2 por habitante

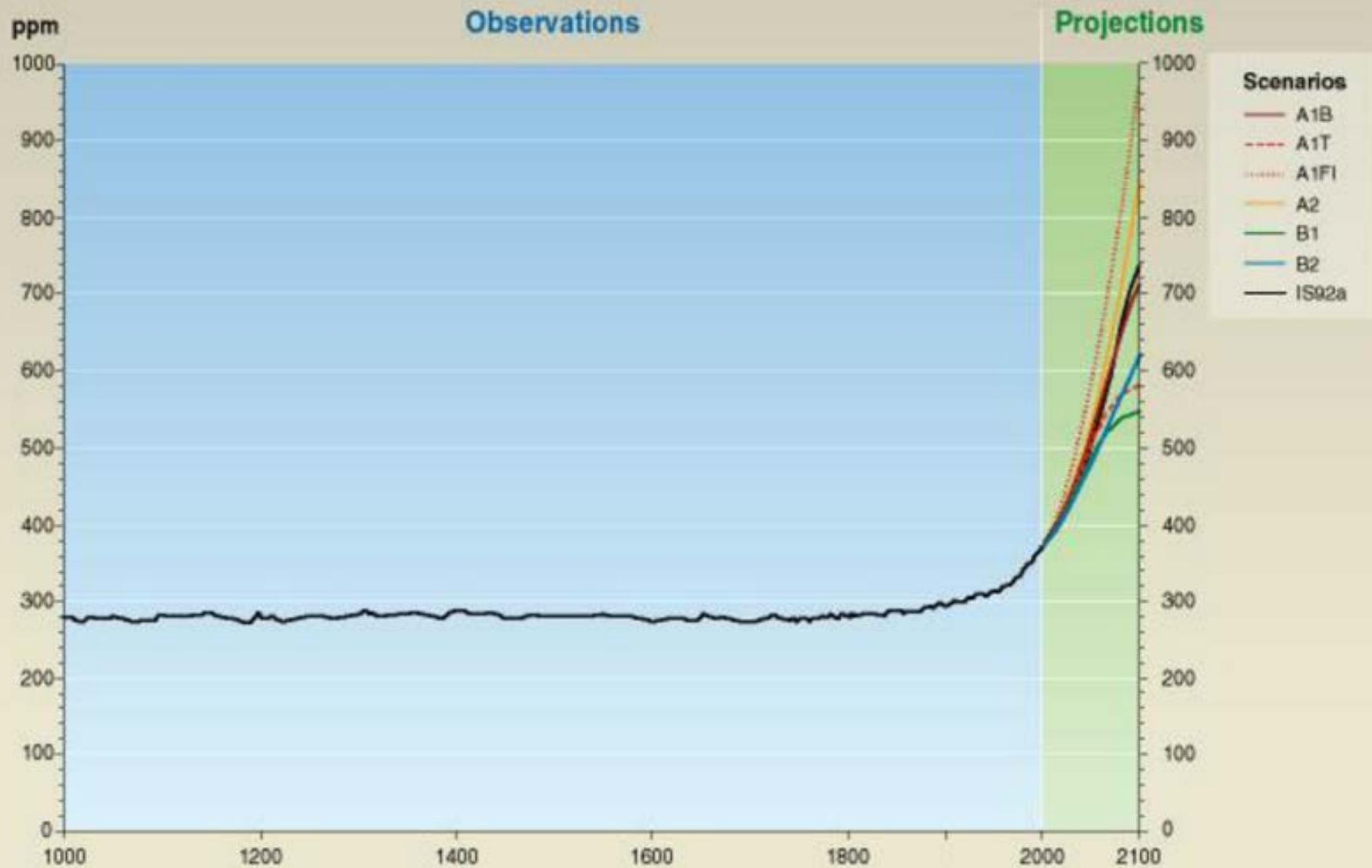
(Fuente: WB)



No hay energías limpias

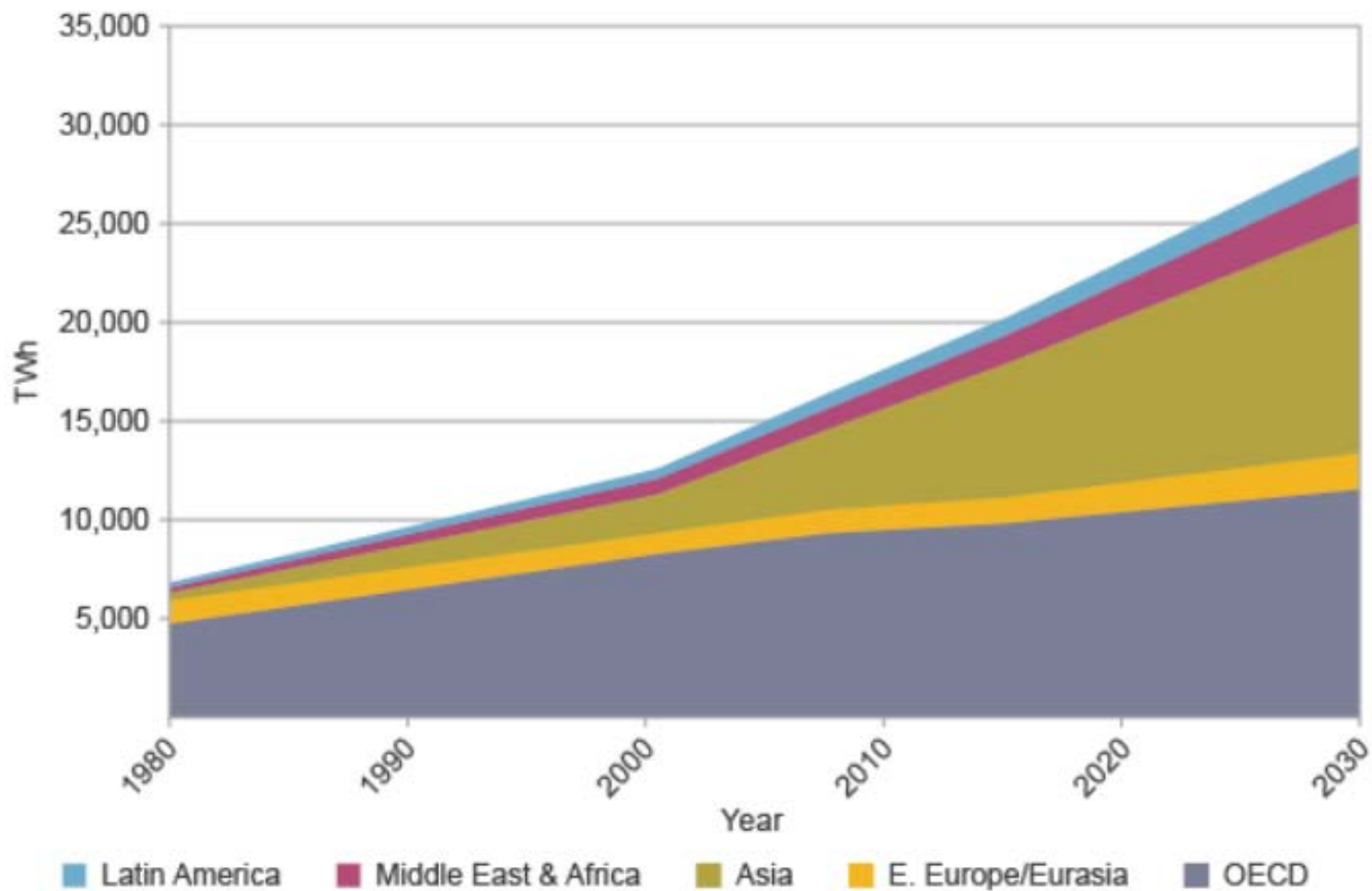


Past and future CO₂ atmospheric concentrations



- Son los combustibles fósiles los que con mucho mas contribuyen al efecto invernadero. Según el IPCC es el transporte es el sector que más contribuye a agravar el problema del cambio climático. De hecho, concentra la mayor parte del consumo final de energía y supone el 30 por ciento de las emisiones de CO₂ en España (similar a las producidas por generación de electricidad).

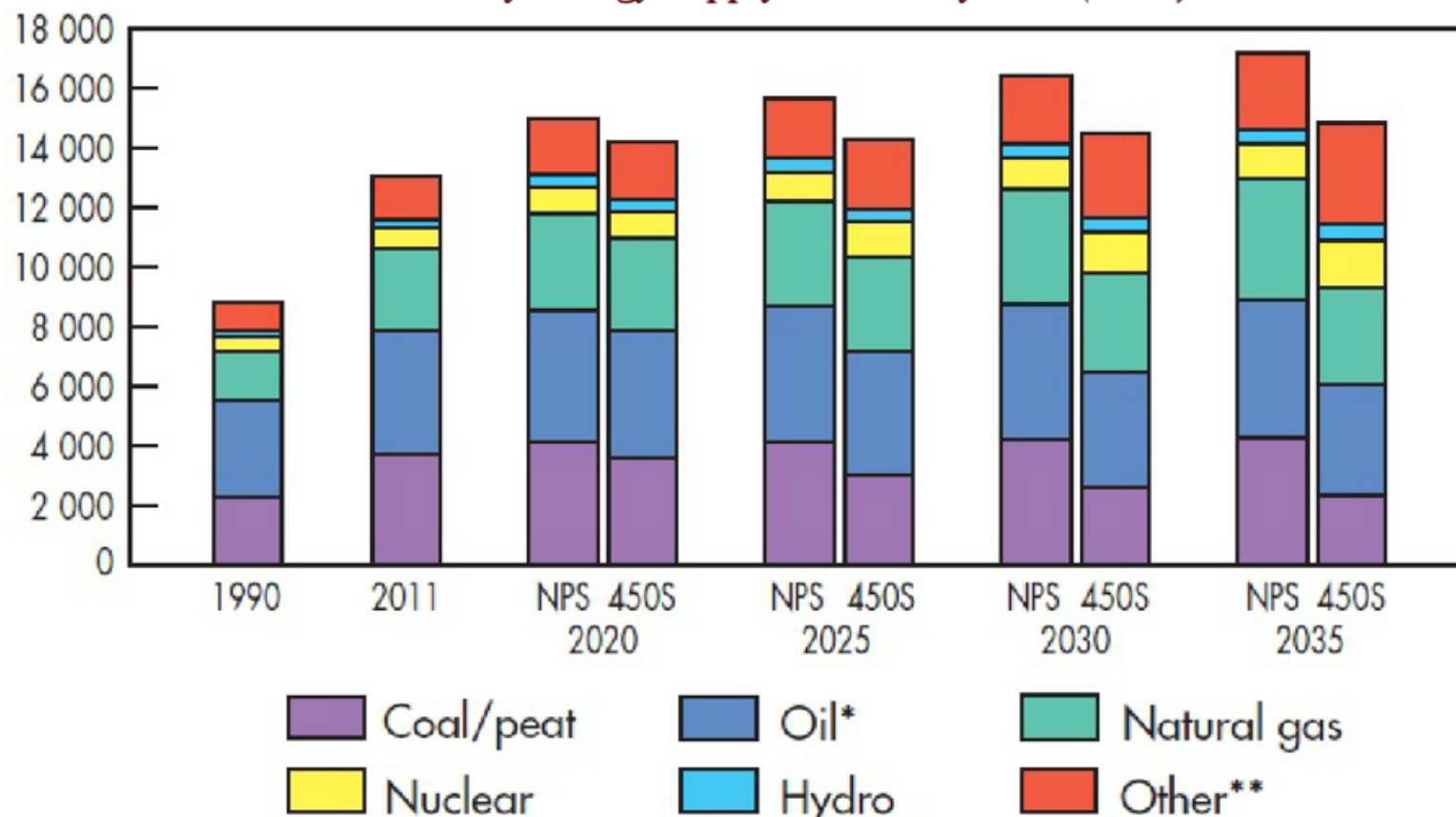
World Electricity Consumption by Region



Source: OECD/IEA World Energy Outlook 2009 - Reference Scenario

OUTLOOK FOR WORLD TOTAL PRIMARY ENERGY SUPPLY

Total Primary Energy Supply Outlook by Fuel (Mtoe)



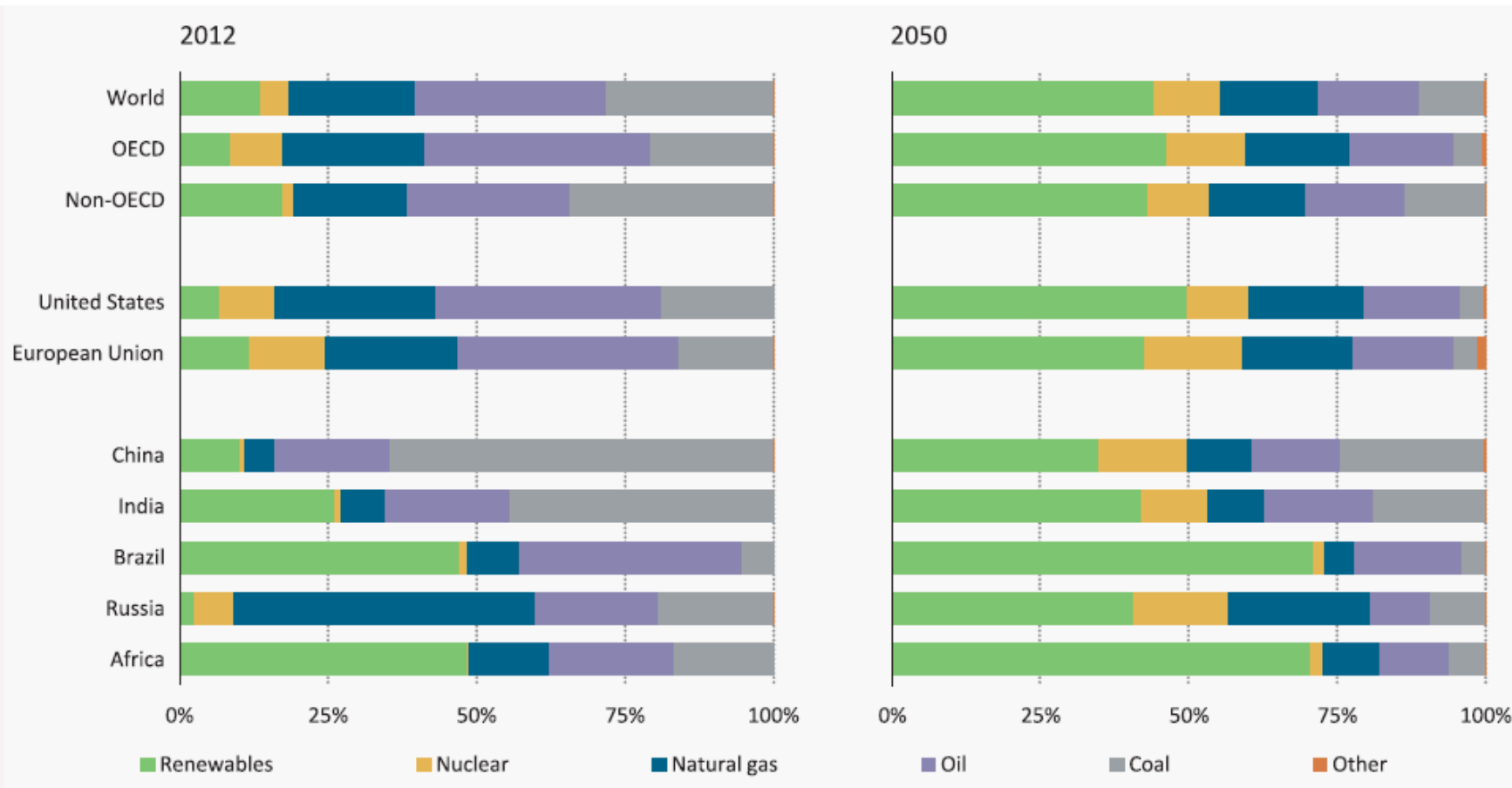
*NPS: New Policies Scenario
(based on policies under consideration)*

*450S: 450 Scenario***
(based on policies needed to limit global
average temperature increase to 2 °C)*

* Incluye geotérmica, solar, eólica, combustibles renovables y residuos

¿De donde procederá la energía en los próximos años?

Debajo se muestran las previsiones de la IEA pero la historia de muestra que las previsiones a medio plazo son poco fiables



¿Cómo hacer frente al reto energético?

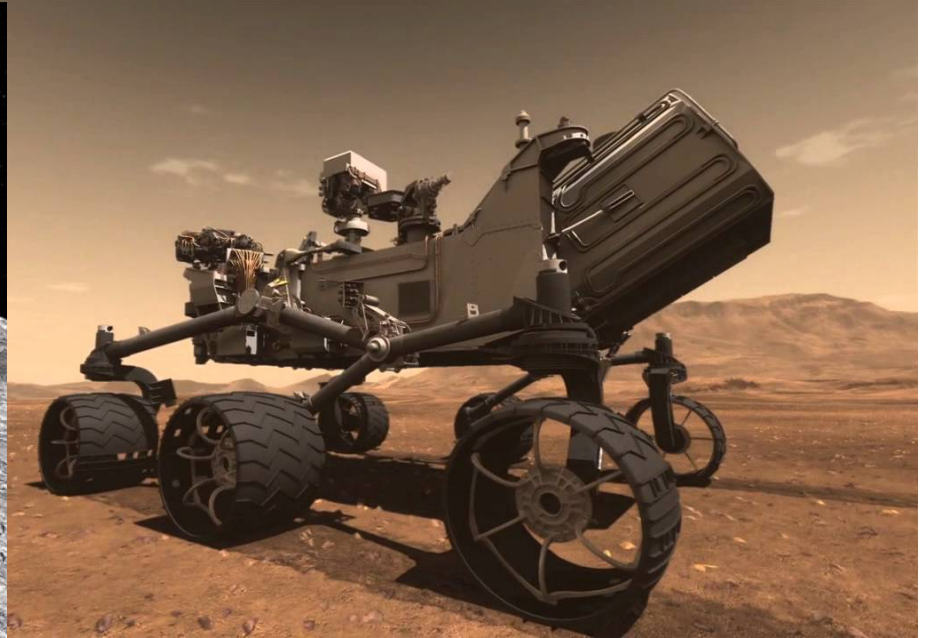
- Es previsible un aumento mundial de la demanda energética del 50% en 20 años.
- La UE importa más del 50% de la energía que consume y sigue aumentando.
- La mayor parte del petróleo/gas de la UE procede del Golfo Pérsico, donde están localizadas más del 70% de las reservas mundiales de petróleo. El gas procede de Rusia y norte de África.
- Las reservas estándar de gas y petróleo se están agotando (petróleo y gas) pero el *fracking* (fractura hidráulica) y el *oil shale* están cambiando el panorama energético mundial
- Los combustibles fósiles producen gran parte del denominado efecto invernadero.
- Es previsible un aumento del uso de la electricidad en el transporte, pero eso no implica necesariamente una disminución de las emisiones de CO₂

Según el IPCC el calentamiento global es un hecho. Su origen están en gran parte en las emisiones de CO₂ de los combustibles fósiles

¿Es compatible más energía menos emisiones de CO₂ (y otros gases invernadero)?

¿Qué fuentes de energía no emisoras de CO₂ disponemos?

Philae(solar) vs Curiosity (nuclear)



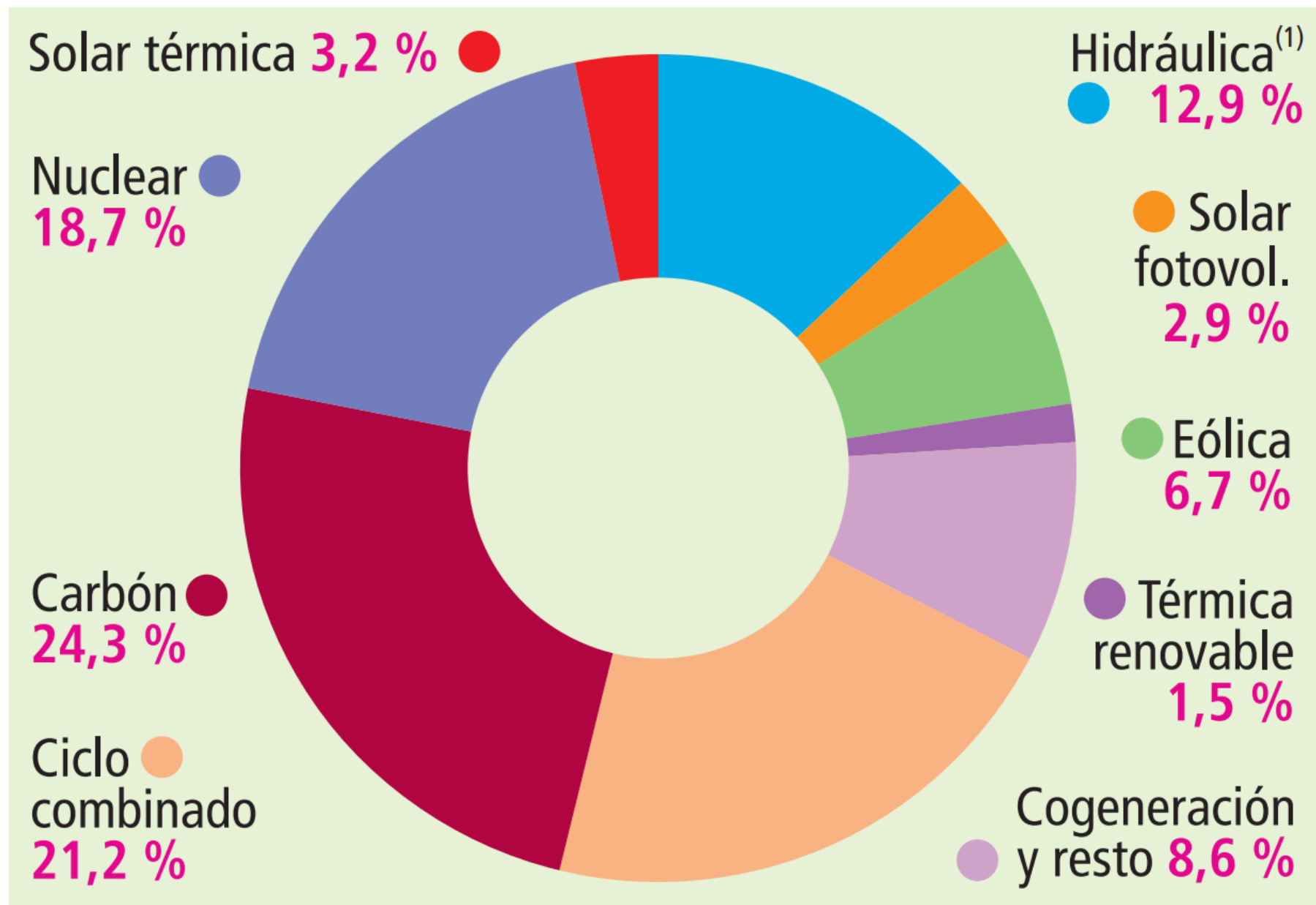
La extraordinaria misión de Rosseta-Philae al cometa 67P/Churiumov-Guerasimenko, tuvo un contratiempo: “Cometizó” en un punto donde el tiempo en los que los paneles estaban en sombra impidió recargar las baterías y Philae funcionó menos de 60 h. Curisity con un generador de Pu-238 continua funcionando después de mas de tres años (Aug. 5, 2012) y sigue. Aunque Philae fue un éxito ¿Qué habría sido con una fuente de Pu-238?

Energías renovables: Sí pero hay que tener en cuenta sus limitaciones

Las energías renovables solo cubren parte del consumo eléctrico (que solo es parte de la demanda energética).

Según REE:

- i) “Variabilidad de la producción renovable e incertidumbre en la predicción”
- ii) “La producción de energía eólica presenta algunas singularidades, derivadas fundamentalmente de su carácter no gestionable, **que obliga a disponer en el sistema de reservas de potencia suficientes en todo momento, procedentes de otras fuentes de energía.**”



Grafica: Boletín REE Agosto 2015. La eólica con el triple de potencia instalada que la nuclear produjo en agosto 2015 la tercera parte. En invierno la participación eólica se incrementa sustancialmente, pero hay que hacer frente a todas las situaciones.

Con los biocombustibles no se ahorran emisiones de CO₂ o se ahorran poco

HARTMUT MICHEL Premio Nobel de Química Fotosíntesis (El País: 12/09/2007) :

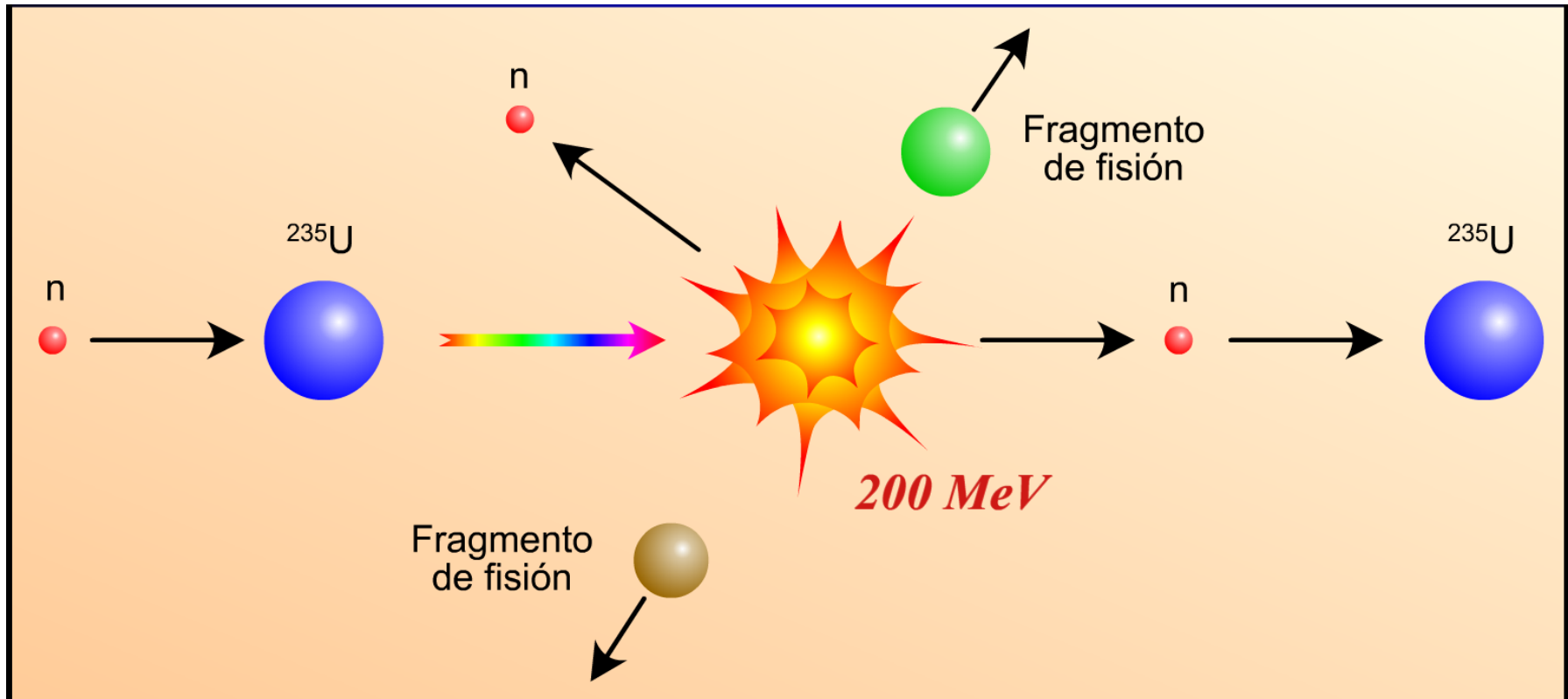
- “...la producción y el uso del biogás o el biocombustible no son neutrales en cuanto a la producción de CO₂, porque al menos el 50% de toda la energía contenida en el biogás o en el biocombustible procede de fuentes fósiles.”
- “Para producir algunos biocombustibles, como el etanol, hace falta invertir mucha energía en forma de fertilizante, ...)
- Los biocombustibles están fomentando la pérdida de selva tropical en Indonesia, Malaisia, algunas zonas de África y en Brasil.
- **P: Si está tan claro que los biocombustibles no son una opción, ¿por qué todo el mundo apuesta por ellos?**
- **R. Es que son una idea muy atractiva, el término bio vende mucho... Pero no soy el único que critica los biocombustibles. Basta hacer los cálculos”.**

La energía nuclear: Una opción imprescindible si se quiere hacer frente al calentamiento global

- No genera emisiones gases invernadero.
- Es abundante
- Es barata
- Genera residuos, pero en una cantidad muy escasa y son controlables
- Es mucho mas segura que otras fuentes



Una opción: Fisión nuclear



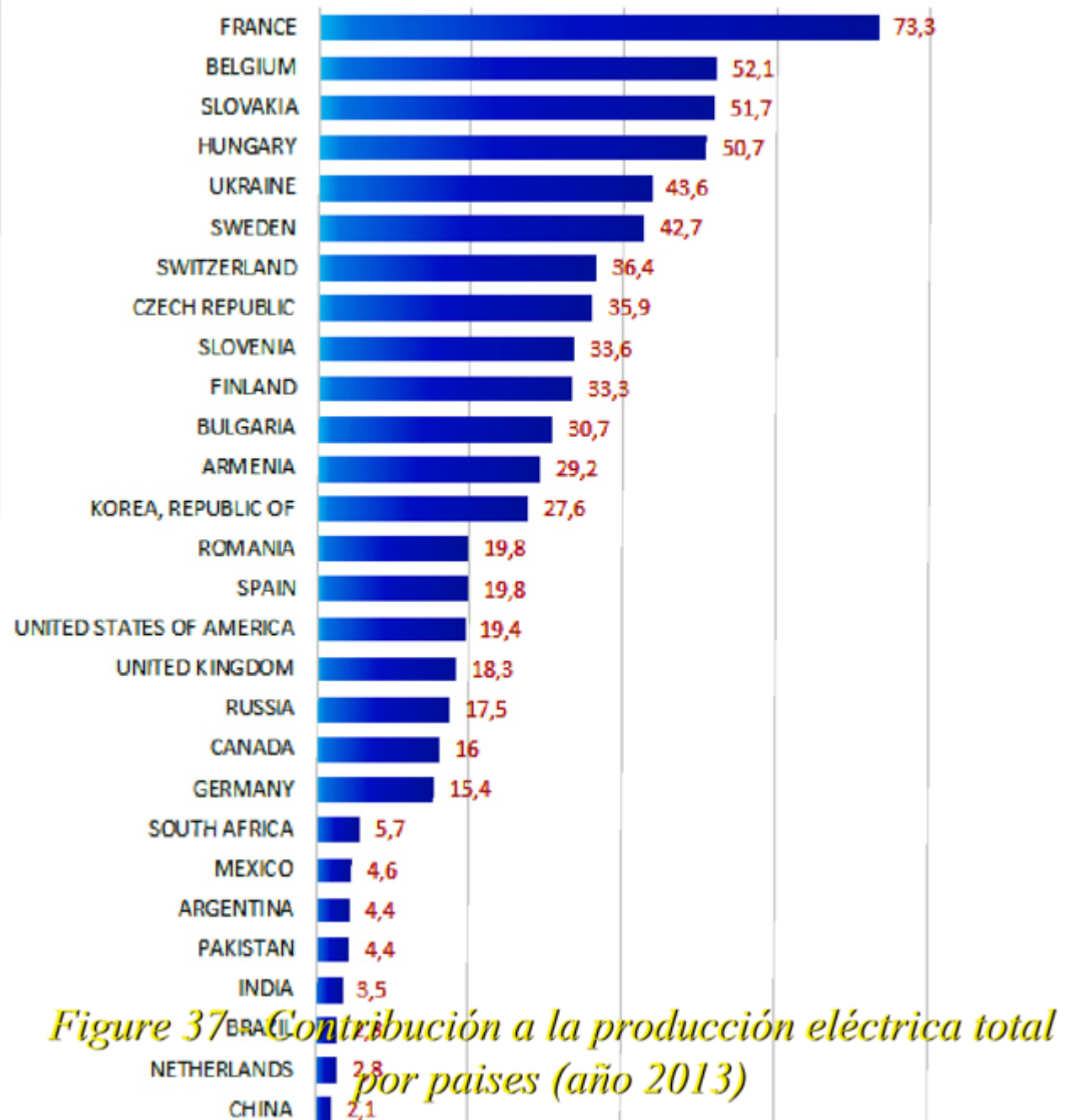
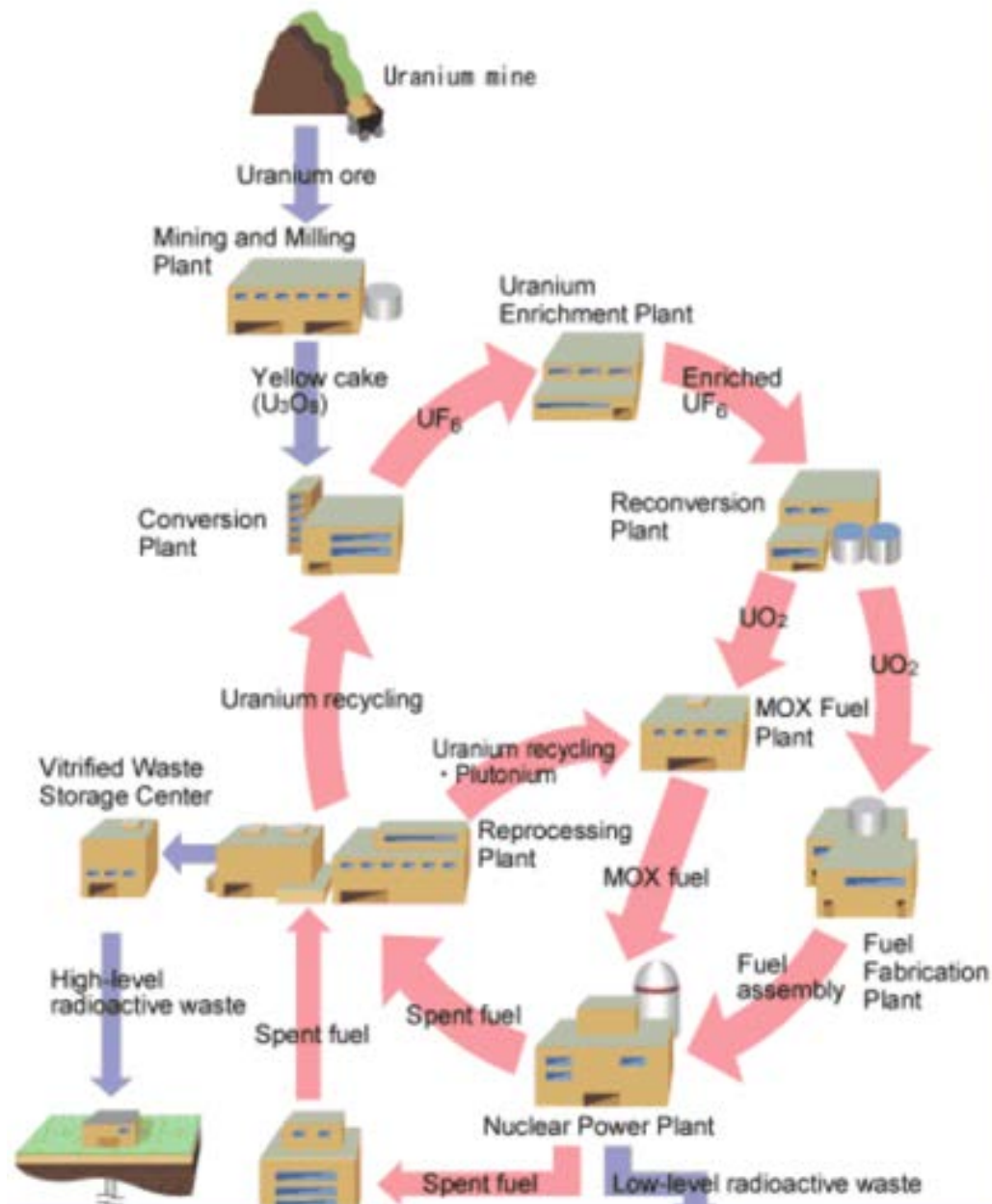
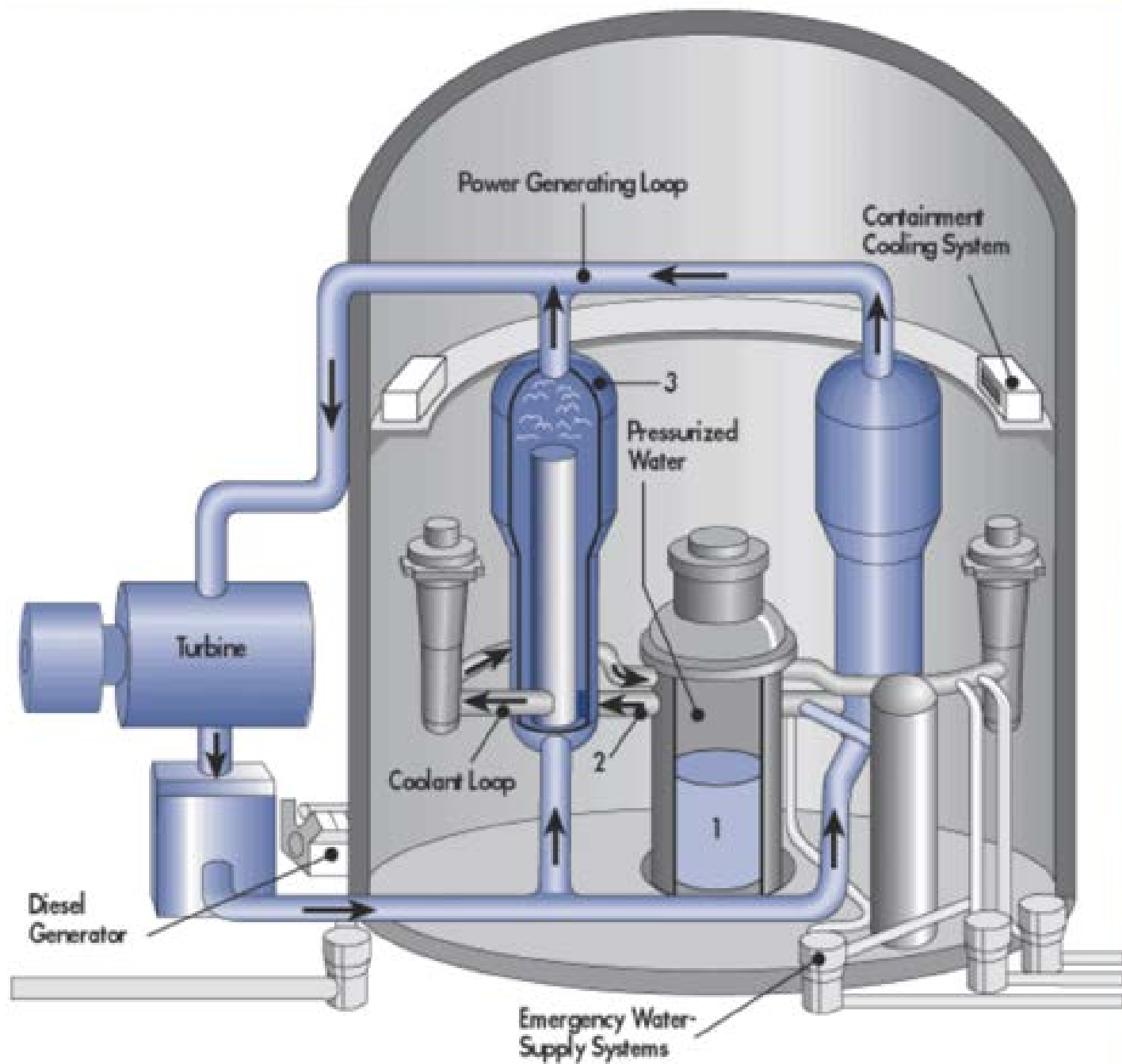


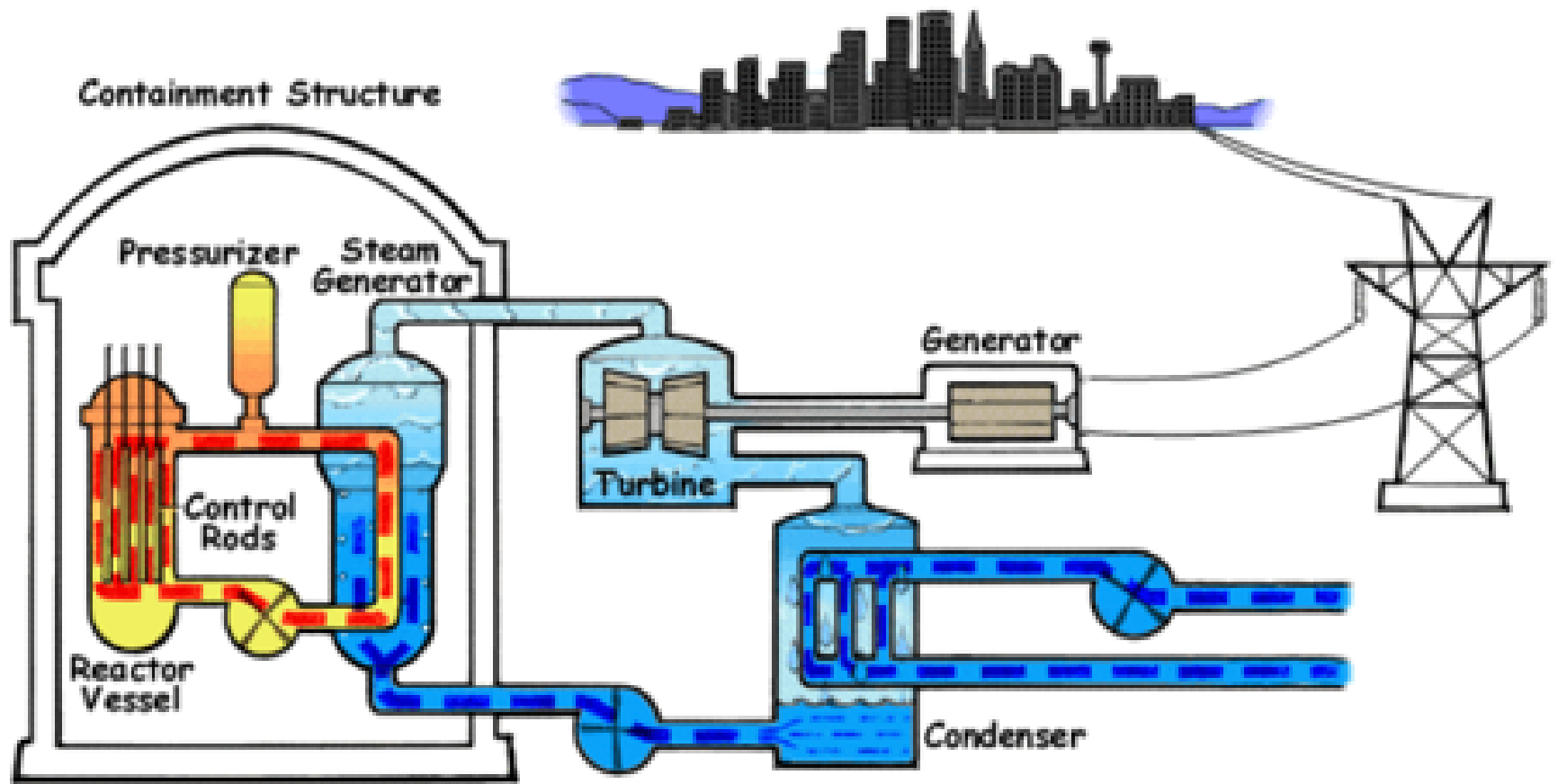
Figure 37 - Contribución a la producción eléctrica total por países (año 2013)

The Nuclear Fuel Cycle





Source: Nuclear Regulatory Commission



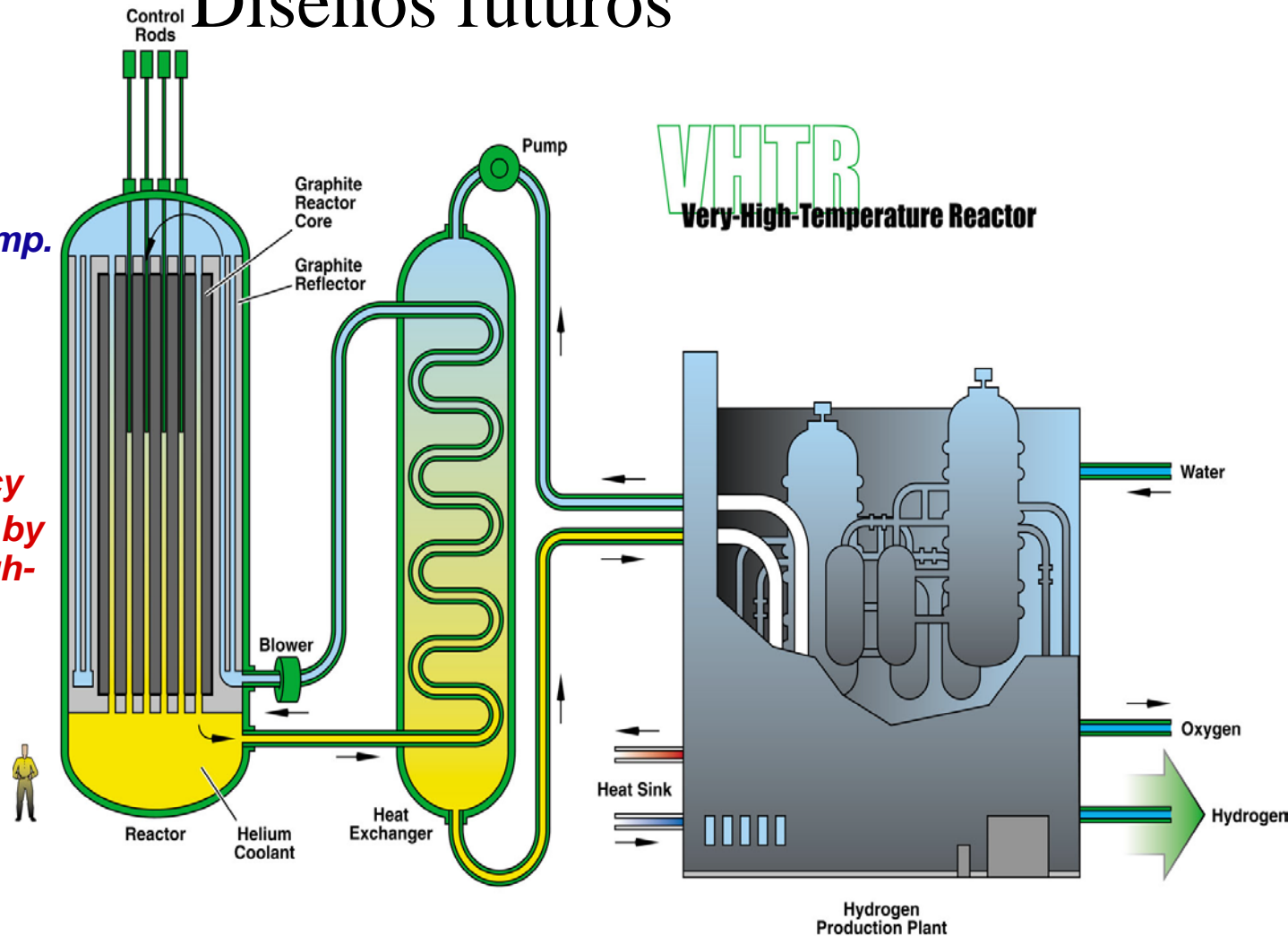
Reactores en construcción: EP1000; EPR; VVER



Reactores Nucleares:

Diseños futuros

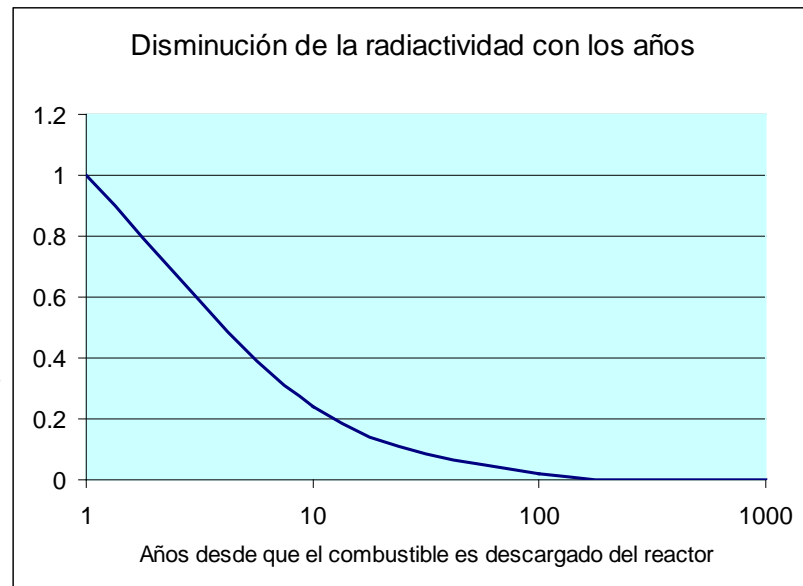
- **Characteristics**
 - **High temperature coolant**
 - **900 - 1000°C outlet temp.**
 - **600 MWth**
 - **Water-cracking cycle**
- **Key Benefit**
 - **High thermal efficiency**
 - **Hydrogen production by water-cracking by High-Temp Electrolysis or Thermo-chemical decomposition**



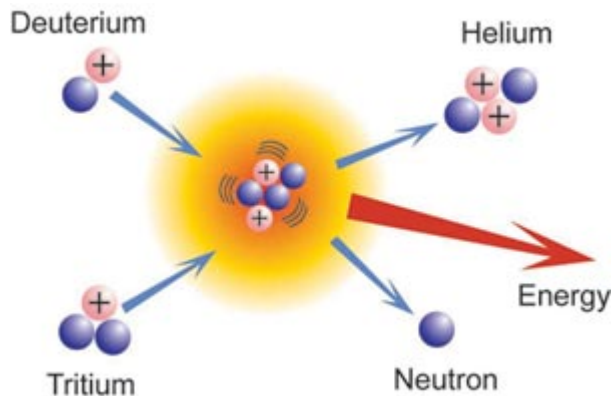
Los residuos nucleares vs otros residuos generados por otras fuentes de energía

En España: 500 m³/año vs 500 millones de t de CO₂. Son reutilizables en mas de un 95%.

Una casa consume 2000-3000 kWh/año: equivale a 5 a 10 g U al año y genera de 0.2 a 0.5 g residuos radiactivo. Usando combustibles fósiles emitiría de 2 a 3 t de CO₂ .

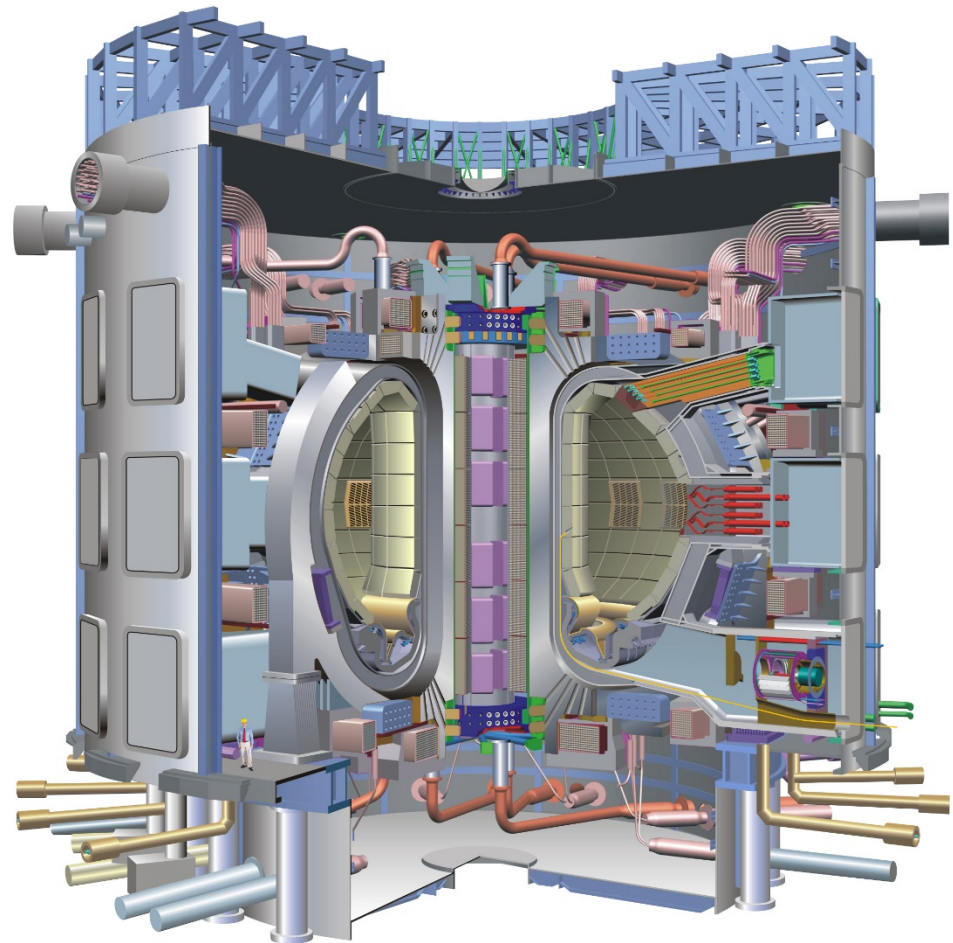
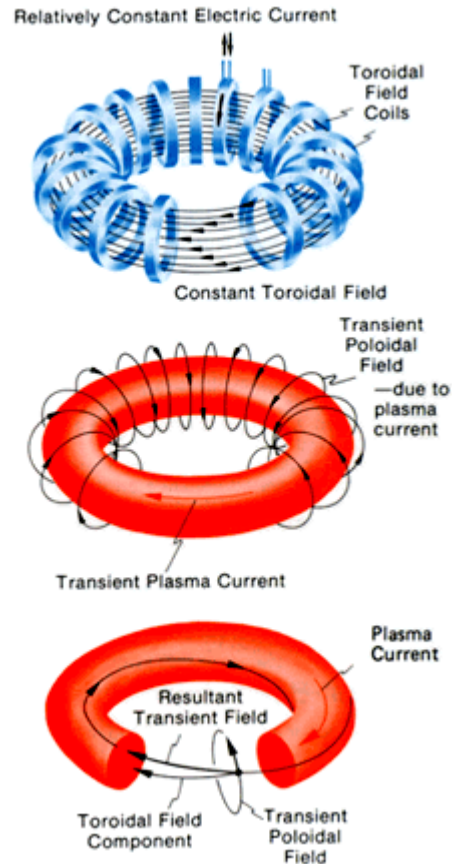


Después de 2040: Energía de fusión o fusión/fisión

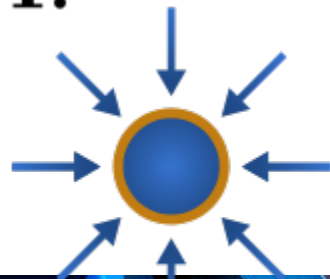


- $^2\text{H} + ^3\text{H} \rightarrow \text{n} (14,07 \text{ MeV}) + 4\text{He} (3,52 \text{ MeV})$
- $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow (2,45 \text{ MeV}) + ^3\text{He} (0,82 \text{ MeV})$
- $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow \text{p} (3,02 \text{ MeV}) + ^3\text{H} (1,01 \text{ MeV})$
- Fusion-Fisión (?)
- Futuro más lejano:
- $^3\text{He} + ^3\text{He} \rightarrow 2\text{p} + 4\text{He} (12,86 \text{ MeV})$

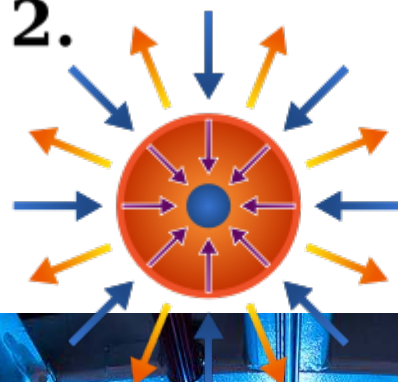
Confinamiento magnético: ITER



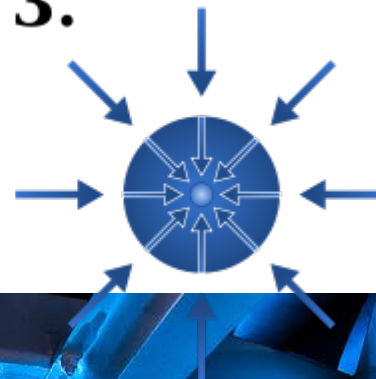
1.



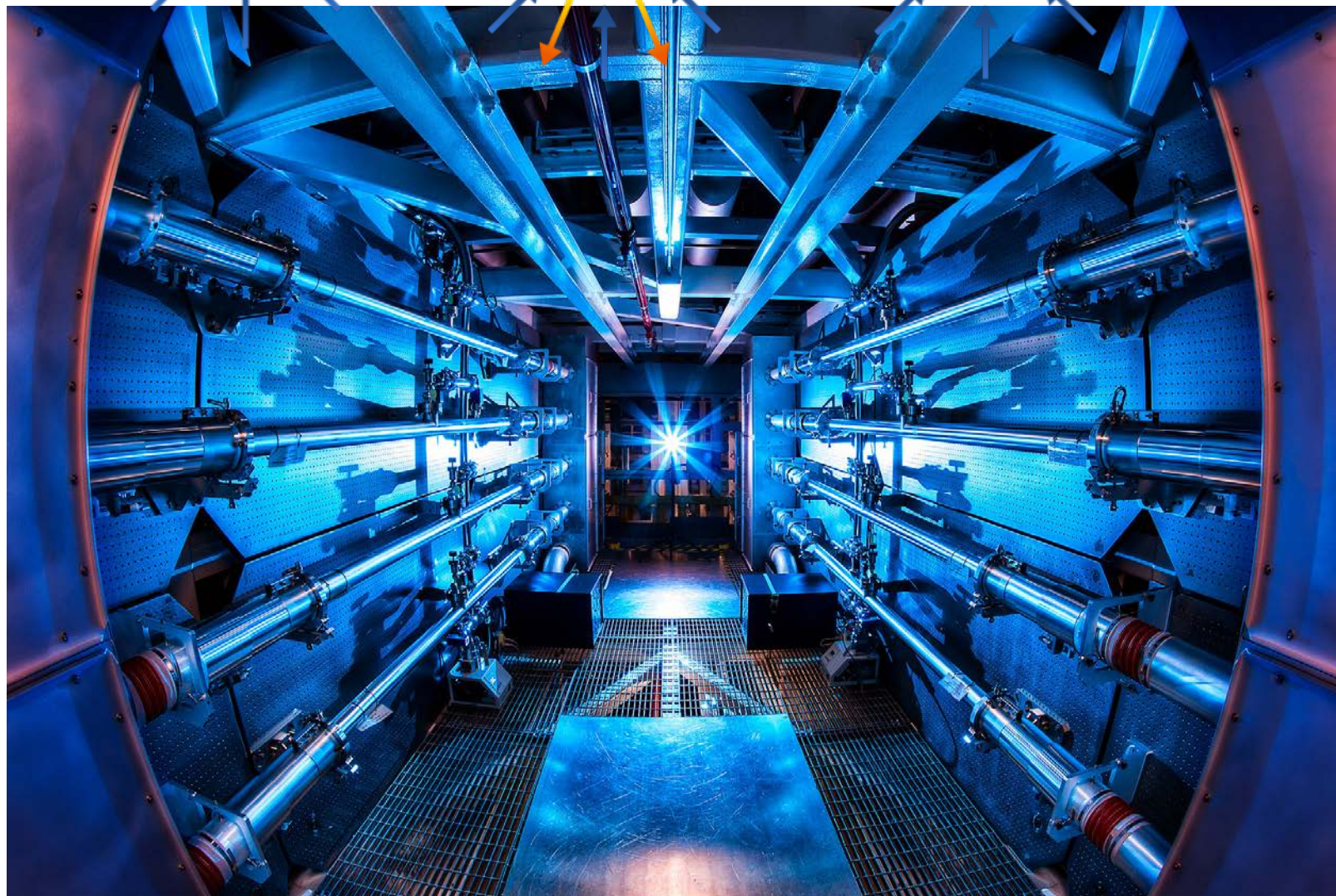
2.



3.



4.



Energía nuclear: Lo que opinan algunos pioneros del ecologismo

- **'La energía nuclear es la única opción para el cambio climático'**
James Lovelock. EL Mundo (08/03/2007) **P:** “..los ecologistas, para los que usted ha sido un venerado ídolo, le consideran un pérfido traidor R.- “Me entristece profundamente.. Para mí, son ellos los que realmente se equivocan y, **sin darse cuenta, han traicionado al movimiento verde**”Es la única opción viable para salvar a la civilización humana del cambio climático. Le puedo asegurar que no se puede mantener el suministro de energía para una ciudad como Madrid con molinos eólicos. ¿Qué pasaría en los periodos sin viento? Creo que los verdes no se han planteado en serio las consecuencias prácticas de su postura”.
- **Going Nuclear** By Patrick Moore (Cofundador de Greenpeace (WP April 16, 2006); “In the early 1970s when I helped found Greenpeace, I believed that nuclear energy was synonymous with nuclear holocaust, as did most of my compatriots. That's the conviction that inspired Greenpeace's first voyage up the spectacular rocky northwest coast to protest the testing of U.S. hydrogen bombs in Alaska's Aleutian Islands. Thirty years on, my views have changed, and the rest of the environmental movement needs to update its views, too, because nuclear energy may just be the energy source that can save our planet from another possible disaster: catastrophic climate change”

¡Preguntas!

Guillermo Sánchez

<http://diarium.usal.es/guillermo>



Para saber más: Curso online: **Multimedia on Nuclear Reactor Physics**

Video resumen: http://olms-nkm.iaea.org/m2/pluginfile.php/6867/course/summary/MNRP_2015_05_26.mp4

Material: <http://olms-nkm.iaea.org/m2/course/index.php?categoryid=13> , elegir download full material.

(Parte de las diapositivas se han obtenido de ese curso)