



Física y Tecnología Energética

21 - La energía del Futuro.

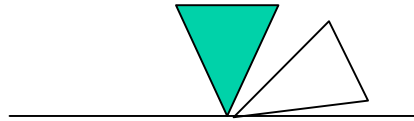
El futuro energético

Datos a tener en cuenta:

- La población crece y el consumo de energía per cápita también.
- Actualmente la mayor parte de la energía se obtiene consumiendo combustibles fósiles
- Los combustibles fósiles no son renovables. Se agotarán y esto puede ocurrir en el siglo XXI
- No hay riesgo serio de quedarnos sin energía a medio plazo. Hay muchas alternativas donde la tecnología necesaria está en un buen nivel de desarrollo.
- El uso actual de la energía ha alcanzado tal volumen que genera graves problemas de contaminación y está aumentando la presencia de CO₂ en la atmósfera
- El excesivo efecto invernadero puede cambiar el clima terrestre
- Parece que ha llegado el momento de ir pensando en cambiar el sistema energético actual

Prever el futuro

- Para poder hacer predicciones del futuro es necesario tener modelos matemáticos del comportamiento de los fenómenos
- Sin embargo no siempre que se tienen modelos matemáticos es posible predecir el futuro con exactitud
 - En el equilibrio inestable es posible predecir que va a caer pero no hacia donde.



- En los sistemas complejos es fácil que aparezcan este tipo de situaciones donde no es posible realizar predicciones detalladas
 - Turbulencia, meteorología
- No tenemos modelos matemáticos fiables de los sistemas sociales, y probablemente serán sistemas complejos.

De todas formas se puede intentar hacer predicciones

Consumo Energía = Población x Consumo Per Cápita

El crecimiento de la población

El aumento o disminución de la población depende del balance entre nacimientos y defunciones

$$\frac{dPob}{dt} = nac - def$$

Crecimiento lineal

El balance entre nacimientos y defunciones es constante en el tiempo

$$nac - def = cte \Rightarrow \frac{dP}{dt} = c \Rightarrow P = P_0 + c \cdot t$$

Crecimiento exponencial

Los nacimientos y defunciones son proporcionales a la población existente en cada momento, con coeficientes constantes (parece más razonable que el anterior)

$$nac - def = \alpha_{nac} P - \alpha_{def} P = \alpha P \quad ; \quad \alpha = cte \Rightarrow \frac{dP}{dt} = \alpha P \Rightarrow P = P_0 \exp(\alpha t)$$

Crecimiento de la población

Crecimiento logístico

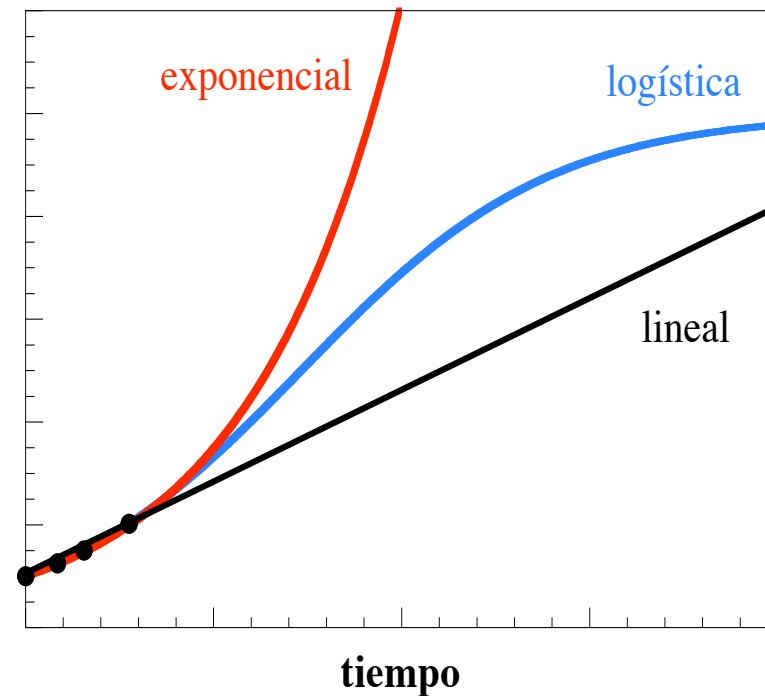
Los recursos son finitos y no se puede mantener una población superior a un cierto valor máximo P_{\max} . Cuando la población supera este valor, los recursos escasean y el coeficiente α se vuelve negativo. (parece aún más razonable que el anterior)

$$\text{nac} - \text{def} = \alpha P \quad ; \quad \alpha = \alpha_o \left(1 - \frac{P}{P_{\max}} \right)$$

$$\frac{dP}{dt} = \alpha_o \left(1 - \frac{P}{P_{\max}} \right) P \Rightarrow$$

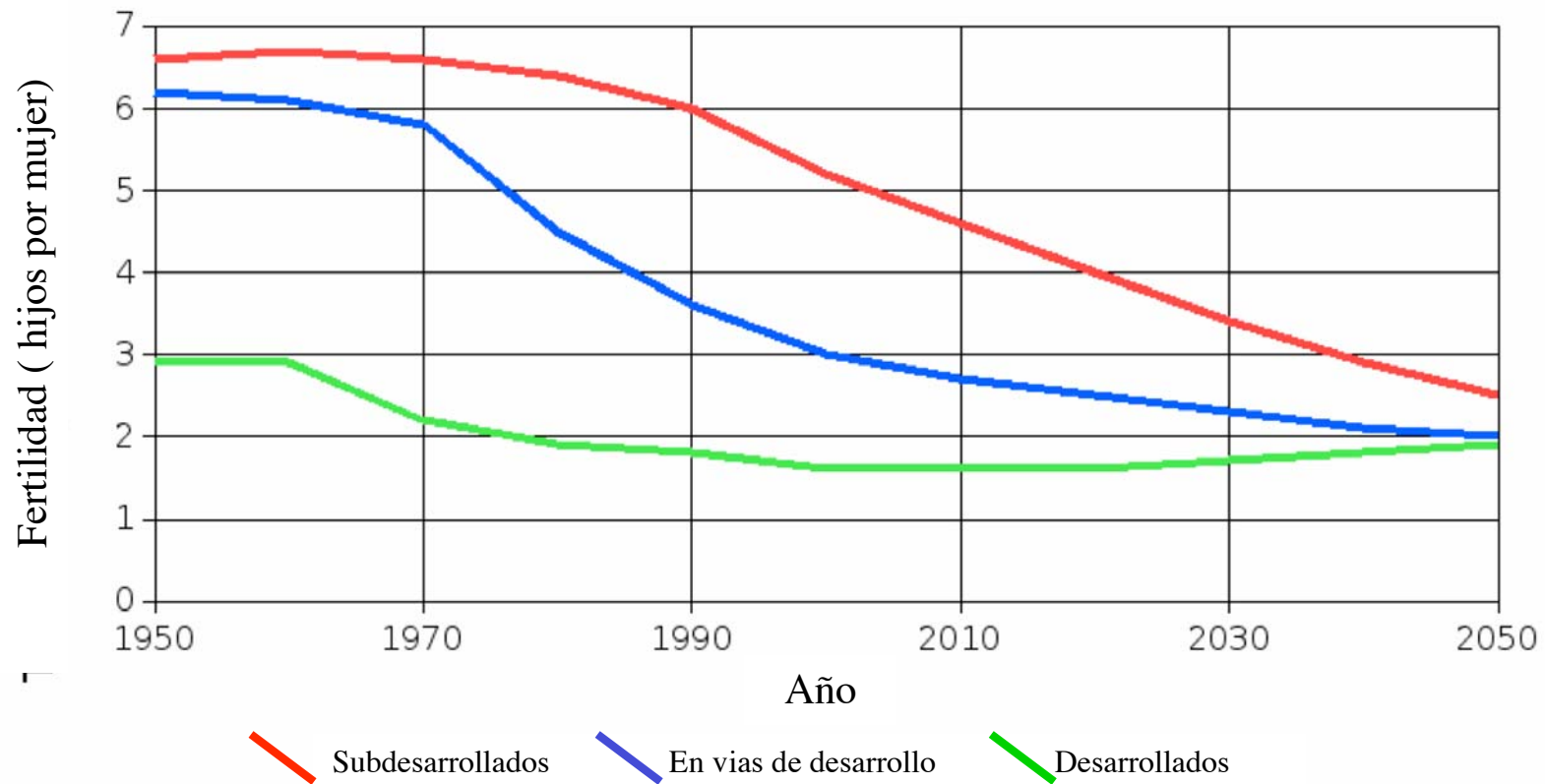
$$\Rightarrow \frac{dP}{dt} = \alpha_o P - \frac{\alpha_o}{P_{\max}} P^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \frac{P_o P_m}{P_o + (P_m - P_o) \exp[-\alpha t]}$$

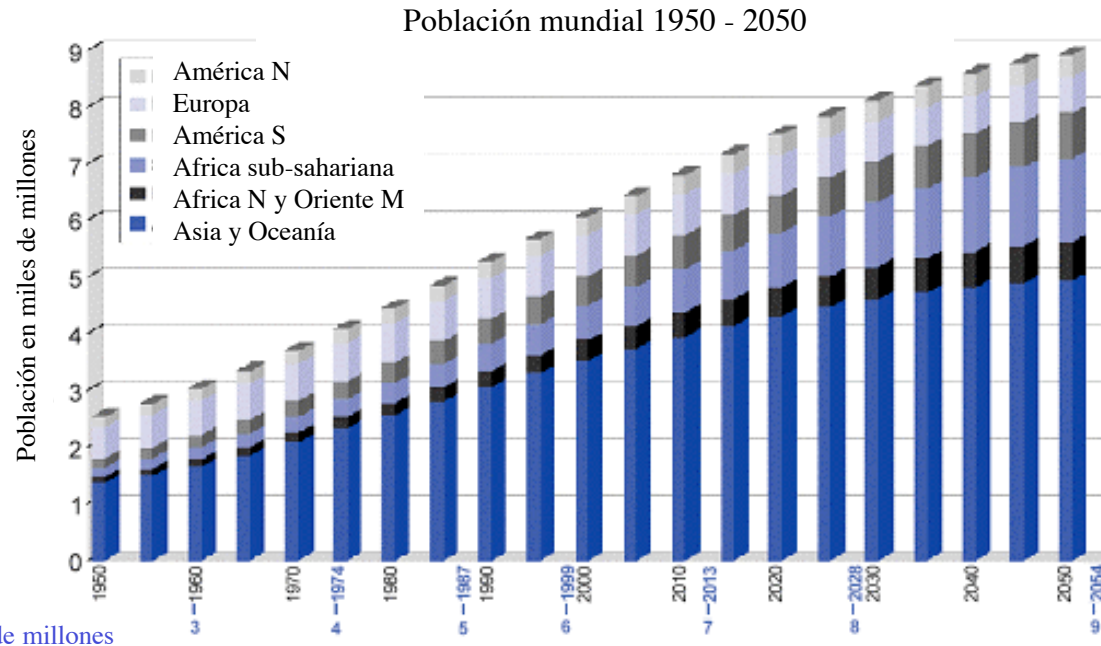


Crecimiento de la población

Al ser la tierra finita, necesitamos que los coeficientes de fertilidad de la humanidad disminuyan

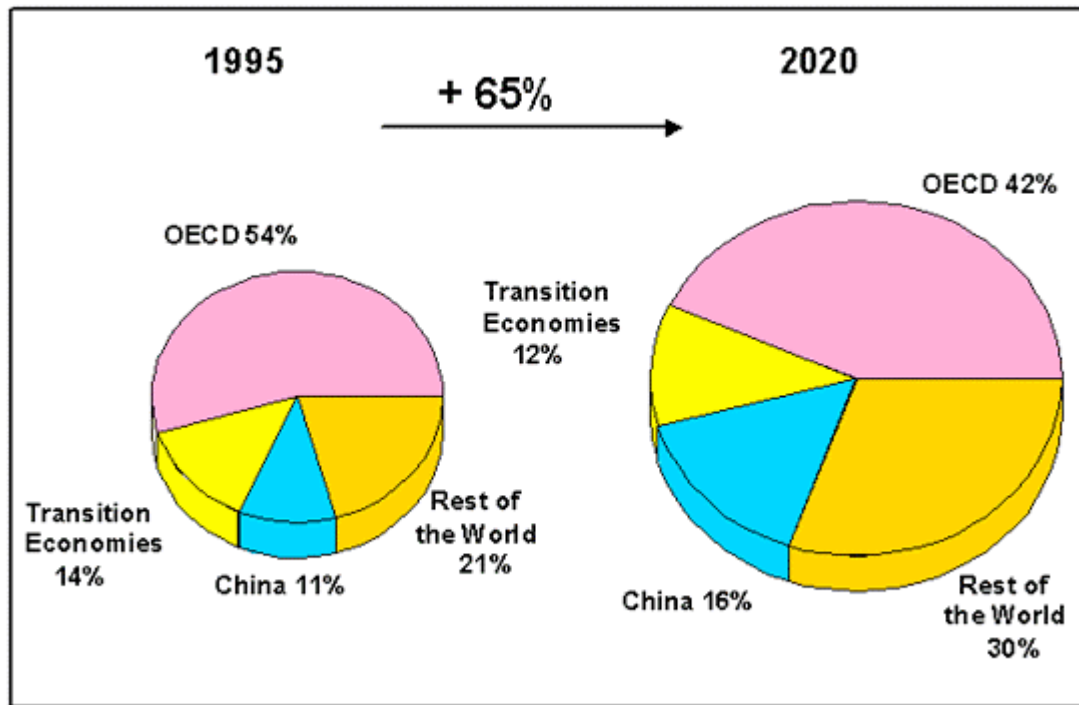


Previsiones de crecimiento de la población mundial

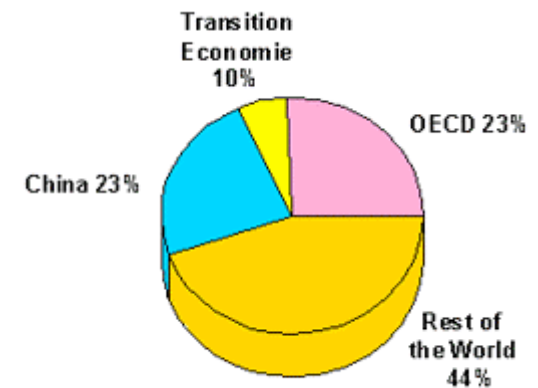


- La máxima población que puede sostener la agricultura sobre la Tierra podría ser de unos 10 ó 12 mil millones
- El consumo energético se determinará por el crecimiento de la población y las variaciones del consumo per cápita
 - La tendencia de los países desarrollados es a aumentar poco a poco su consumo energético (< 1% anual)
 - La tendencia de los países en desarrollo es a aumentar más rápidamente su consumo energético, para alcanzarlos

Consumo de energía por grupos de países

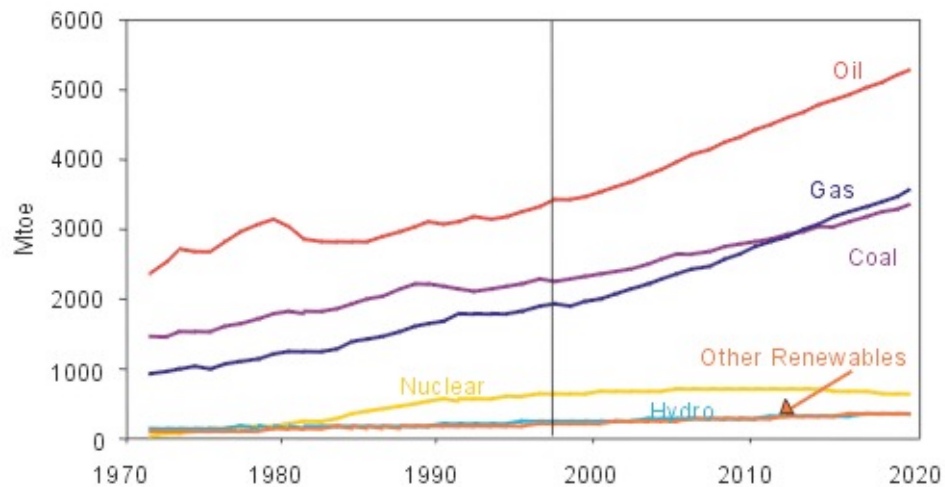


Aumento de la demanda anual 2000 - 2020

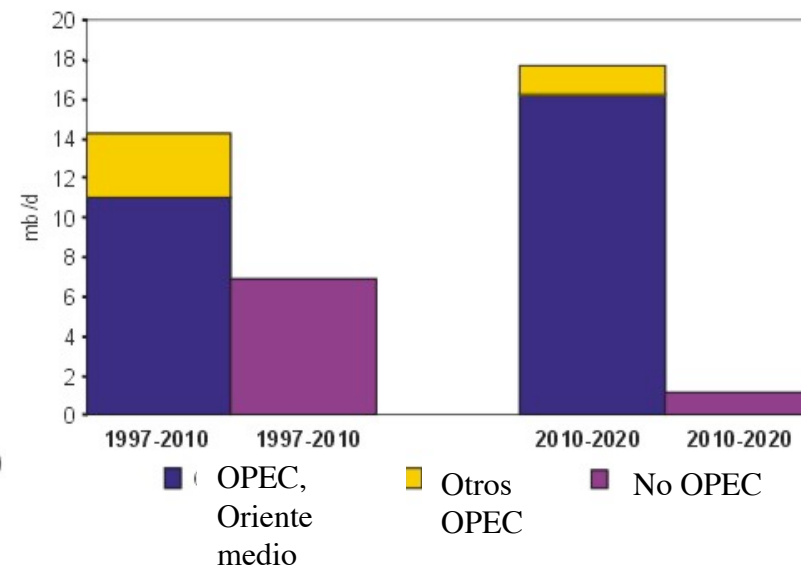


Distribución del consumo energético

Extrapolando simplemente las tendencias actuales, en los próximos años tendríamos

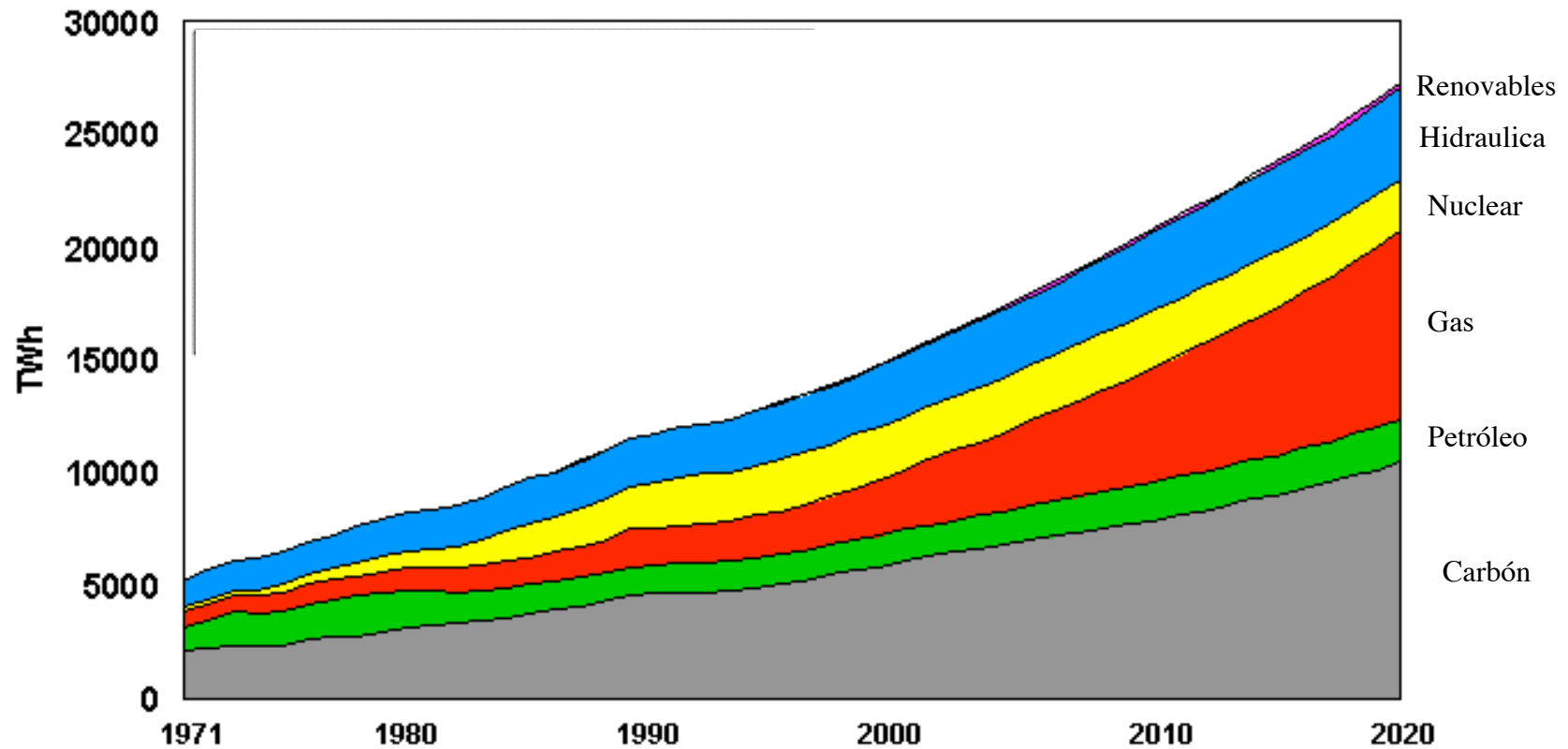


Al aumentar el consumo de petróleo, en poco tiempo se convertirá en una fuente de energía monopolizada por el golfo pérsico



Generación de electricidad

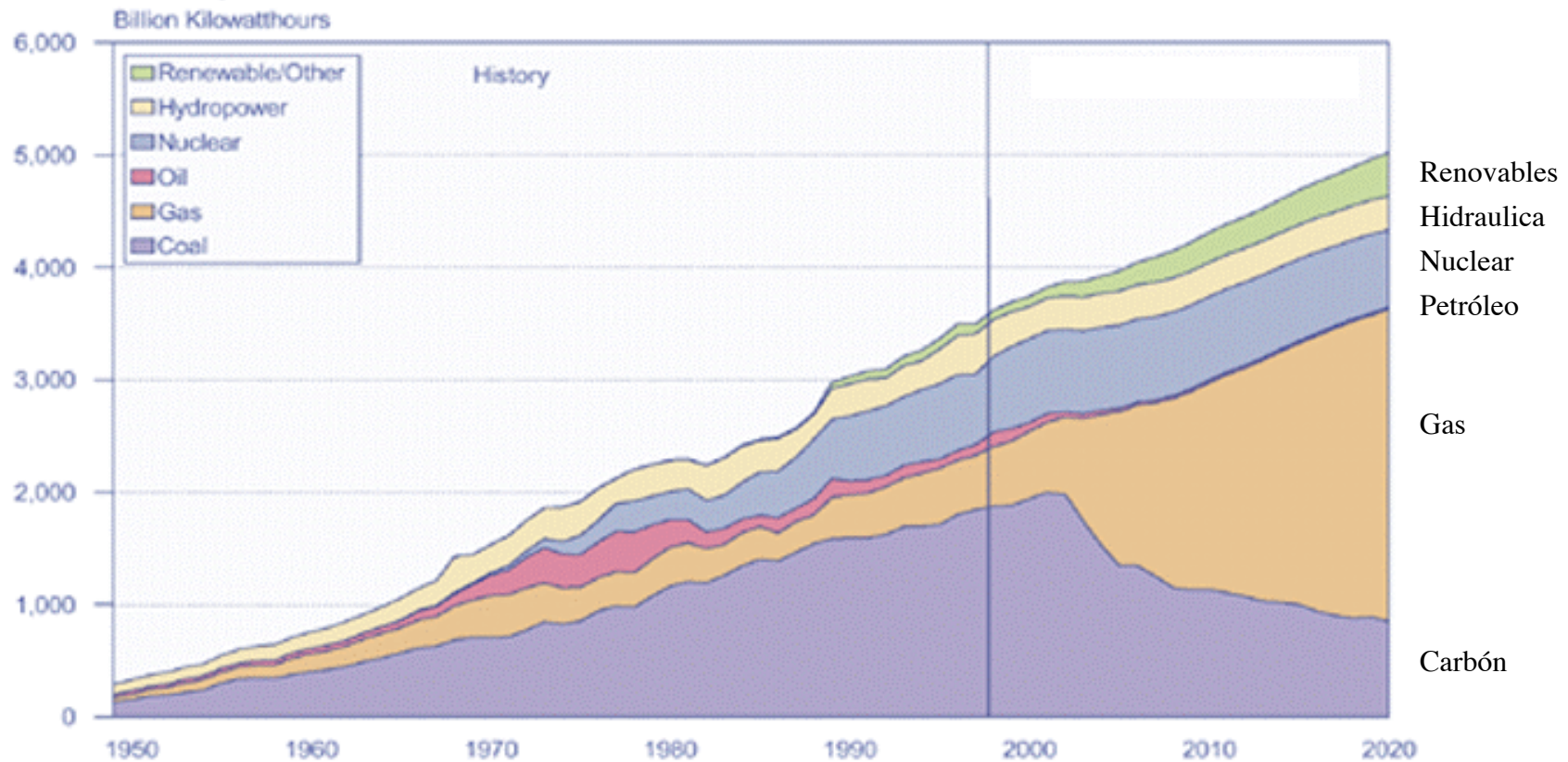
Extrapolando las tendencias actuales.....



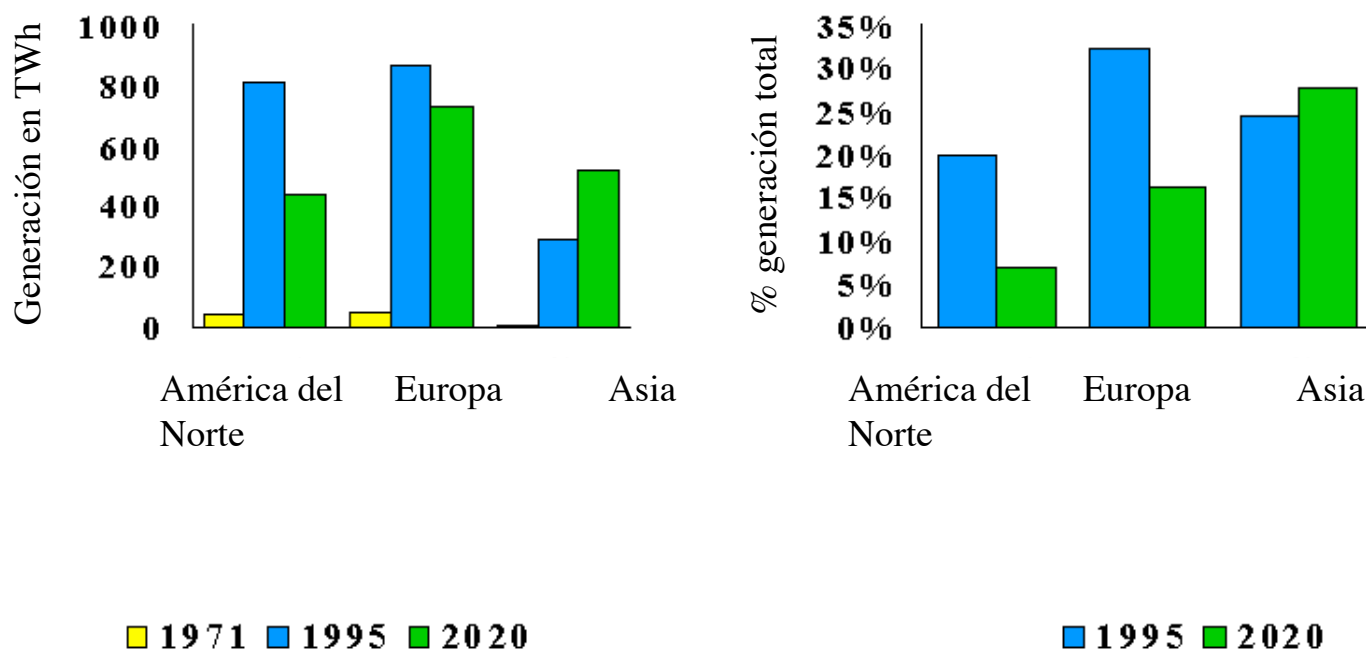
Si se quiere evitar el calentamiento global no puede usarse tanto carbón

Generación de electricidad

De forma inmediata sólo la sustitución de las térmicas de carbón por Gas Natural o Nucleares puede reducir las emisiones de CO₂



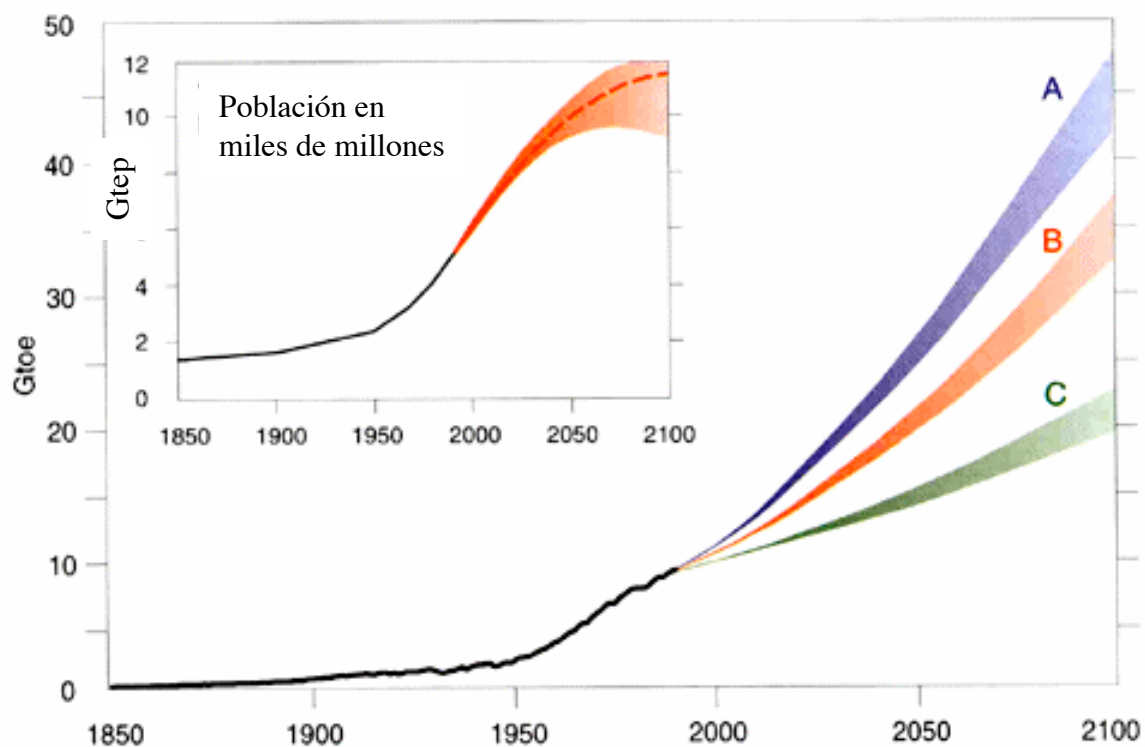
Energía Nuclear



- Todos los países occidentales anunciaron en su momento el cierre paulatino de sus Centrales Nucleares
- En este momento se discute si es necesario volver a replantearse esta decisión, para poder reducir de forma efectiva las emisiones de CO₂
- Algún país asiático, especialmente China, tiene intención de aumentar su número de Centrales Nucleares
- En consecuencia la cantidad mundial de Energía Nuclear puede que se mantenga constante, o incluso aumente.

El crecimiento del consumo de energía

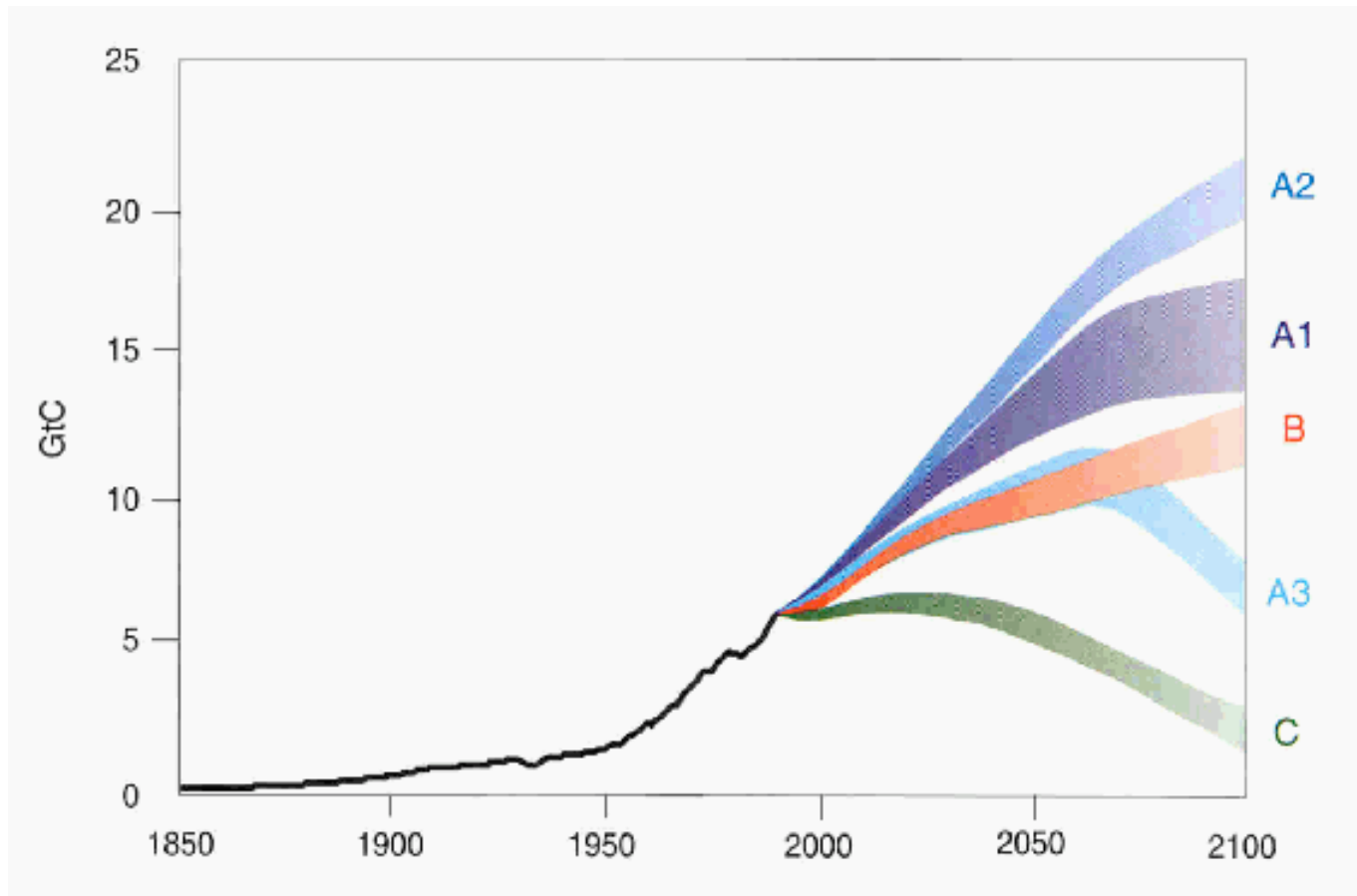
Consumo mundial de energía con tres modelos de crecimiento



- A. Alto crecimiento económico y energético
- B. Crecimiento moderado
- C. Crecimiento ecológico:
 - con restricciones a las emisiones de CO₂
 - con tasas medioambientales

Emisiones de gases de “efecto invernadero”

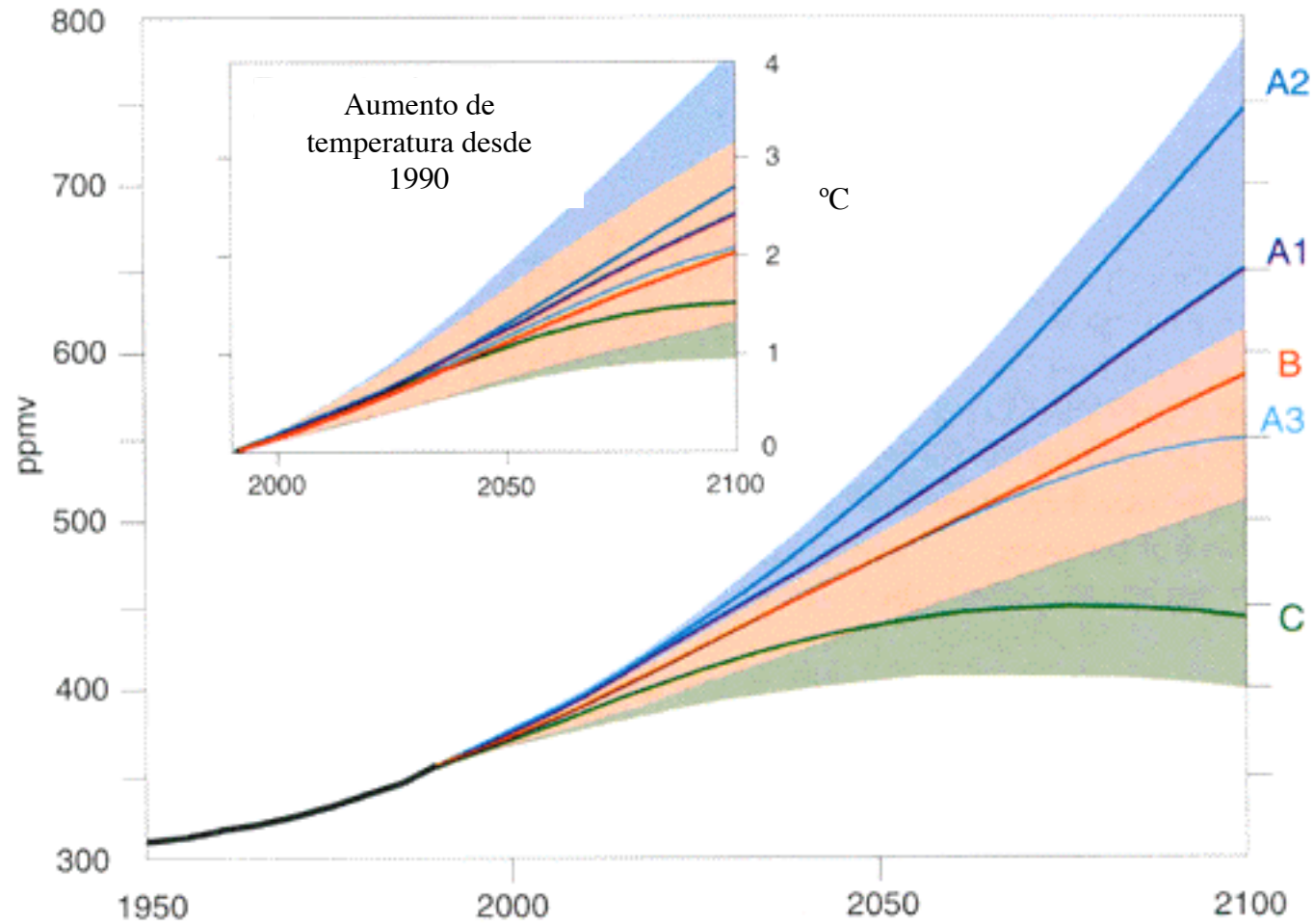
Emisiones globales de CO₂ procedente del uso de combustibles fósiles



- A1-Elevado crecimiento usando principalmente petróleo
- A2-Elevado crecimiento usando principalmente carbón
- A3- Elevado crecimiento usando principalmente Gas N
- B Crecimiento moderado
- C Crecimiento ecológico

Calentamiento global

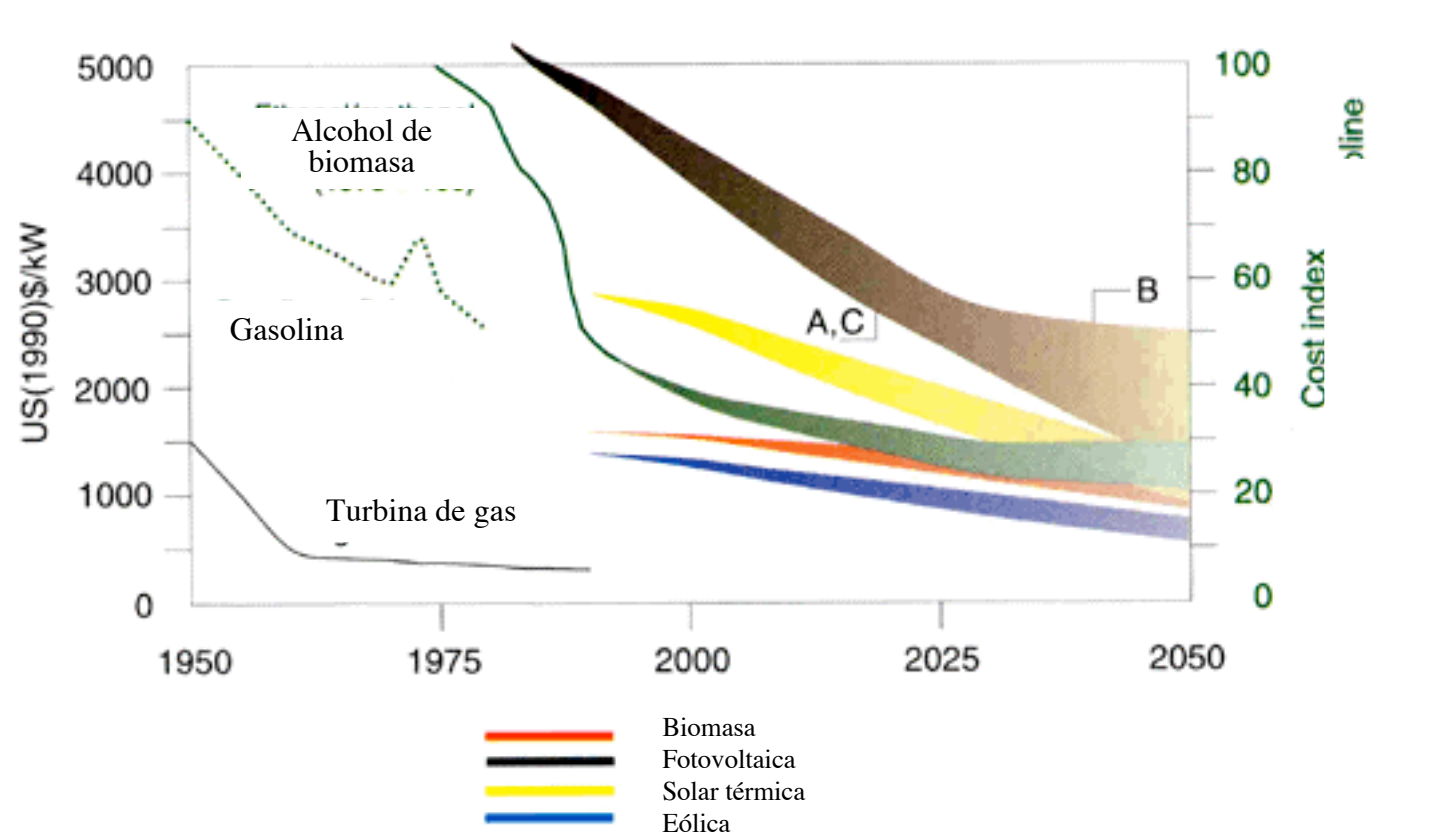
Concentración atmosférica de CO₂ en ppmv y cambio esperado de la temperatura global en °C



Un calentamiento de al menos 1°C parece inevitable, debido a las emisiones del siglo XX

El coste de la energía

Para que el crecimiento “ecológico” pueda tener lugar sin problemas es imprescindible que los costes de las energías renovables disminuyan



Históricamente los costes de cualquier tecnología disminuyen con el tiempo
(en moneda constante sin inflación)

La energía del futuro, hoy

- La elección del futuro sistema energético depende de muchos factores imprevisibles:
 - Políticos y sociales
 - Económicos
 - Tecnológicos
- La toma de decisiones para mitigar el calentamiento global es excesivamente lenta
 - Se toman muy pocas medidas
 - Los planes de consumo de Energías Renovables para la próxima década son muy bajos (<20%)
 - De momento la energía nuclear como alternativa rápida para disminuir las emisiones de gases, solo se maneja como hipótesis
 - Parece necesario retirar parte del CO₂ de la atmósfera
- Podría ser interesante la introducción de tasas de emisión y contaminación, acercando así los precios de mercado a los reales
- La investigación en el desarrollo de Energías Renovables debe continuar

El secuestro del CO₂

