

# Introducción a la Física (2013)

- Unidad: 03
- Clase: 06
- Fecha: 20131010J
- Contenido: La energía y la humanidad
- Web: [http://halley.uis.edu.co/fisica\\_para\\_todos/](http://halley.uis.edu.co/fisica_para_todos/)
- Archivo: 20131010-HA-energia-humanidad.pdf

# Calendario Introducción a la Física

(Salvo eventos cercanos del tercer tipo)

- **Entrega Guía 07 (partes 1 y 2)**
- Se entrega por mail: ejercicios marcados \* en PDF
- **PLAZO MÁXIMO DE ENTREGA**

**JUEVES 23/OCT/2013**

- PRESENTACIONES (SORTEO Y EXPOSICIÓN)

**MARTES 29/OCT/2013, 10:00 a 12:00**

- **Un ejercicio (\*) de la guía 06 y uno (\*) de la guía 07**
- **SEIS GRUPOS PRESENTAN, TODOS ENTREGAN LA CHARLA**
- **NOTA FINAL DE LA MATERIA:**

**JUEVES 30/OCT/2013**

# Nota final, en el rango (0;5]

- Nota final: Promedio pesado sobre todas las entregas

$$\text{Nota Final} = \sum_{i=1}^6 w_i N_i$$

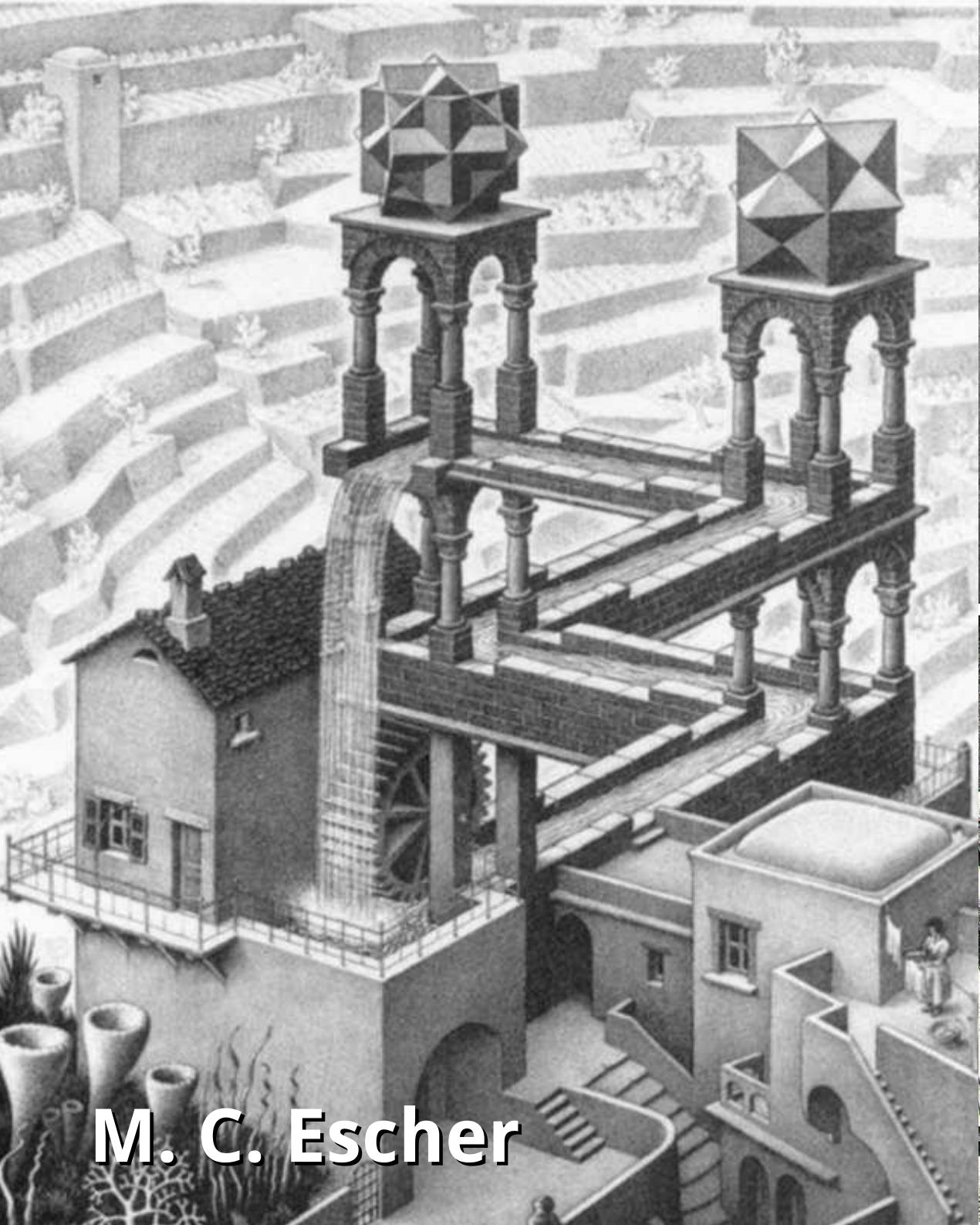
**JUEVES 30/OCT/2013**

- $w_i$  son los pesos de cada entrega:

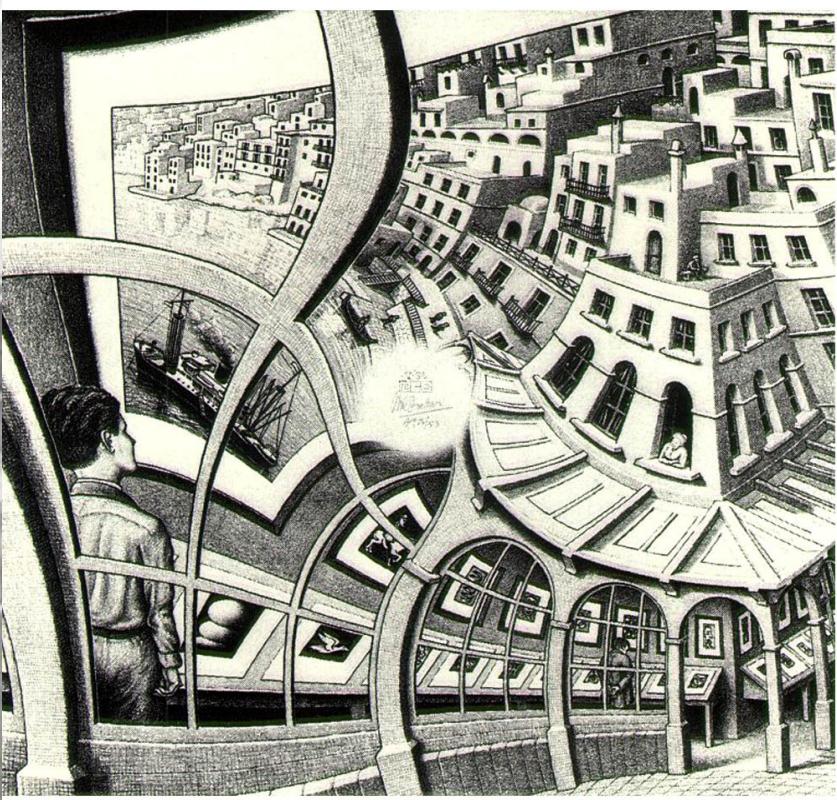
$$0 < w_i < 1 \quad \text{y} \quad \sum_{i=1}^6 w_i = 1$$

- **Entregas: todo suma, nada resta**

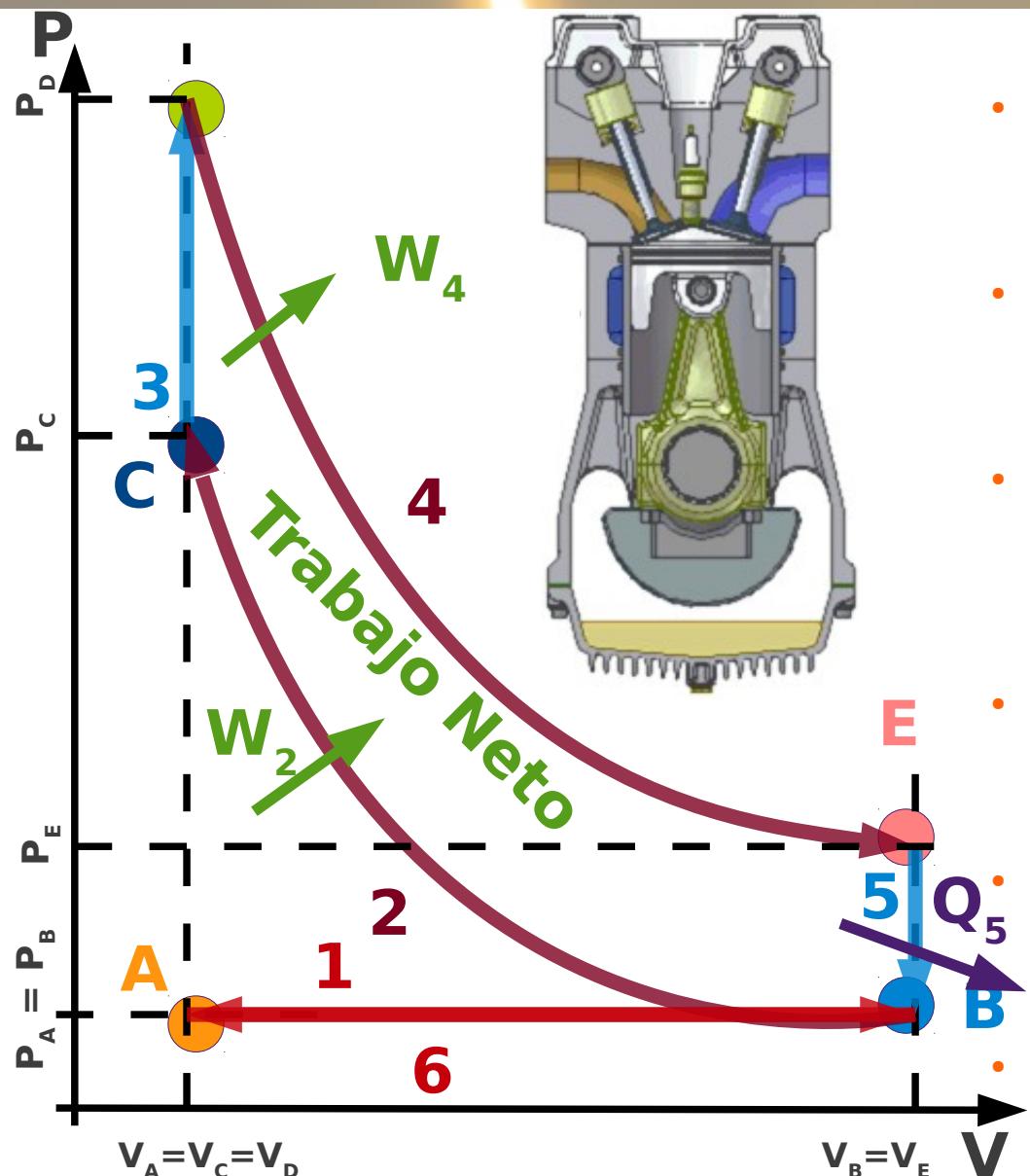
- 1) Entrega 01: LaTeX Guía 1
- 2) Entrega 02: Algo de mecánica
- 3) Entrega 03: Algo de cargas
- 4) Entrega 04: Algo de termodinámica
- 5) Presentación final (sea contada o no)
- 6) "Participación": trabajo en clase, foros, etc



M.C. Escher

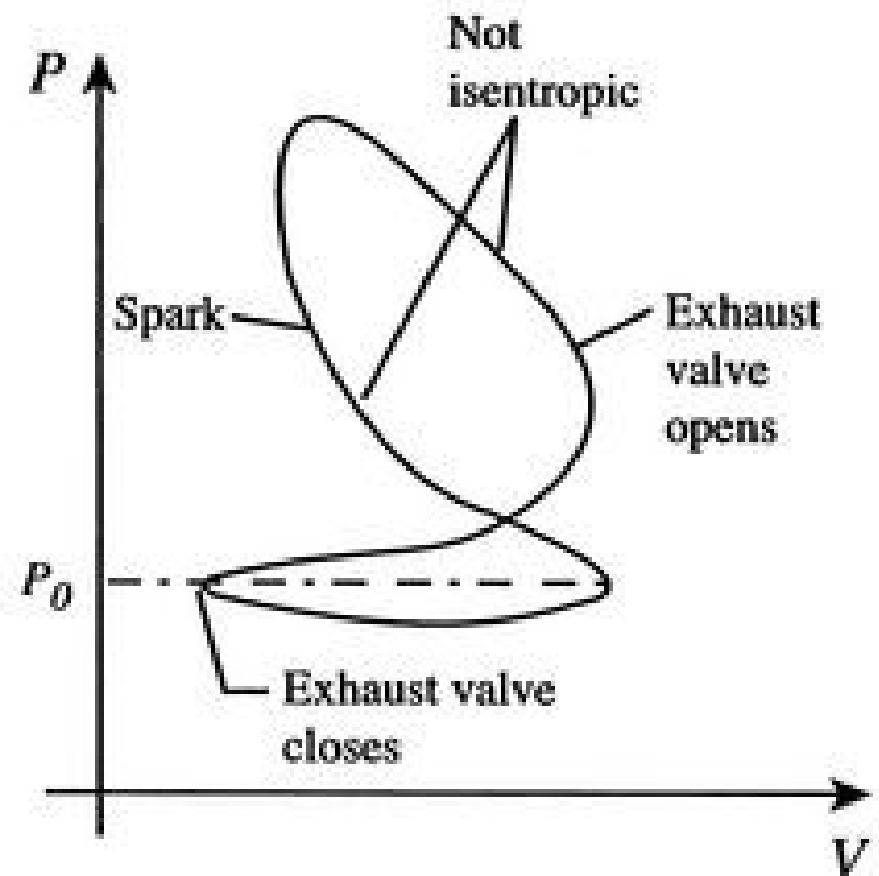
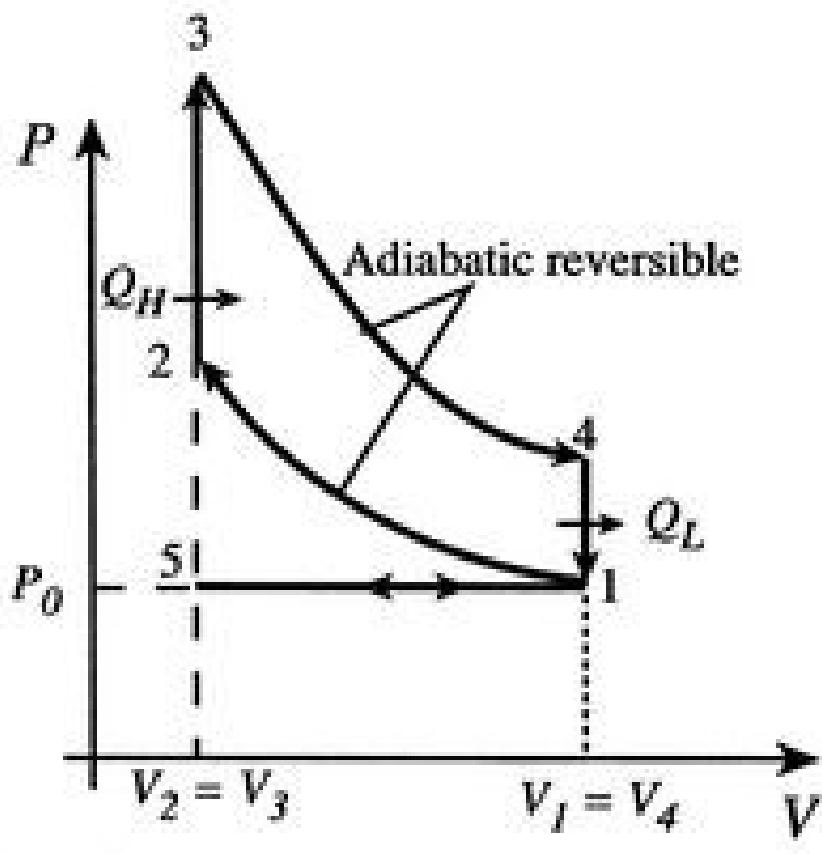


# Ciclo Otto, 4 tiempos, 6 transformaciones



- **1) Admisión (Isobara): A→B**  
Pistón en descendiendo con la válvula de admisión abierta: aumenta n a  $P=P_{atm}$
- **2) Compresión (Adiabática): B→C**  
Válvulas cerradas ( $n=cte$ ). El pistón sube y comprime el gas rápidamente ( $Q=0$ ).  $V_B/V_C \sim 15$
- **3) Combustión (Isocórica): C→D**  
Pistón en posición superior y válvulas cerradas. La bujía enciende la mezcla. **Ingresa calor al sistema** por combustión de la gasolina
- **4) Expansión (Adiabática): D→E**  
Válvulas cerradas, pistón desciende y libera el exceso de presión. **Entrega trabajo al medio.**
- **5) Escape (Isocórica): E→B**  
Pistón en posición inferior. Válvula de escape abierta. Disminuye P liberando gas (disminuye n) hasta  $P=P_{atm}$ .
- **6) Escape (Isobara): B→A**  
El pistón sube con válvula de escape abierta. Se elimina todo el gas restante a  $P=cte$

# Ciclo Otto Ideal vs Real

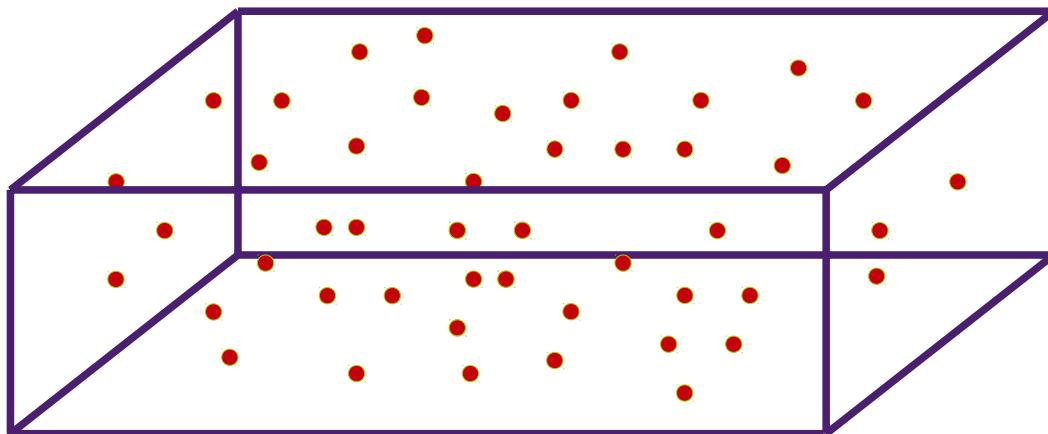


$\eta_{\text{Real}} \sim 20\% \text{ al } 30\%, \text{ y } \eta_{2T} < \eta_{4T}$

# Sea un gas ideal...

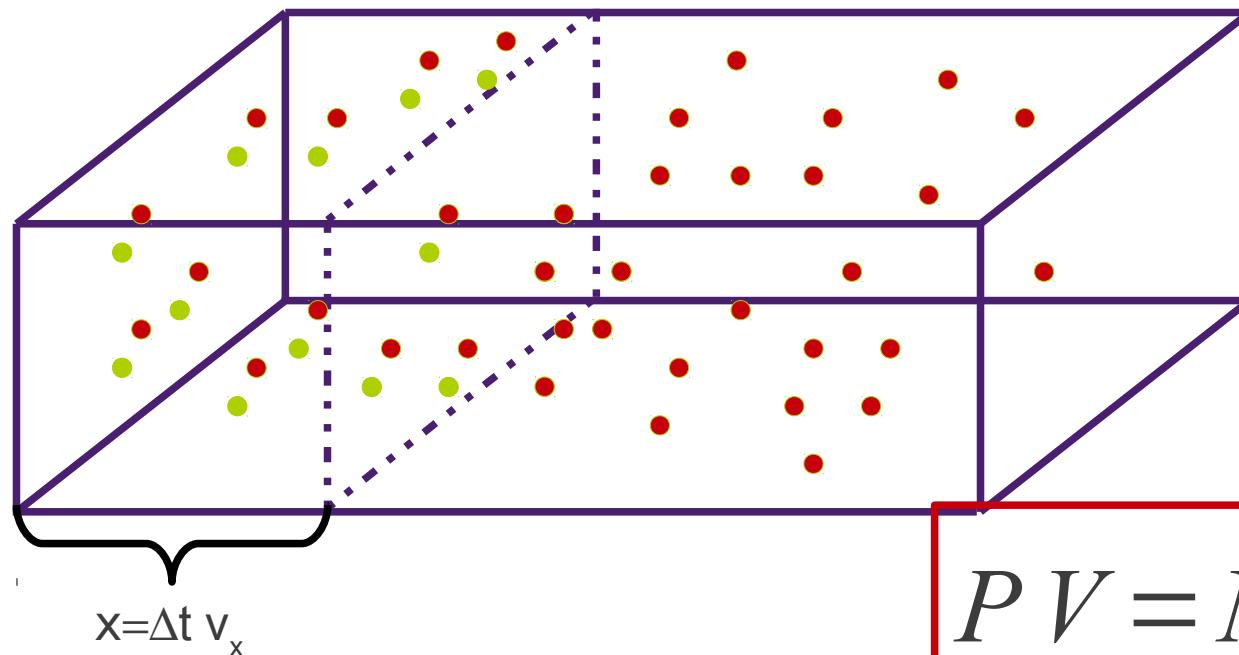
- Está formado por pequeñas partículas: **moléculas**
- Son **muchas** ( $N \sim N_A$ ), son **idénticas** y tienen la **misma masa**,  $m$
- Son **esferas rígidas** de radio  $r$ ,  $r \ll L$
- El **volumen** de todas las moléculas juntas es **despreciable** frente al volumen  $V$  del recipiente:  $4/3\pi r^3 N \ll V$
- Se mueven **rápida, constante, y aleatoriamente**
- No interactúan entre ellas y sólo **chocan elásticamente** entre sí y con las paredes del recipiente que las contiene

$$\langle v_x \rangle \equiv \sum_{i=1}^N v_{x,i} = 0, \quad \langle v_y \rangle \equiv \sum_{i=1}^N v_{y,i} = 0, \quad \langle v_z \rangle \equiv \sum_{i=1}^N v_{z,i} = 0$$



$$\begin{aligned}\langle v^2 \rangle &= \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle \\ \langle v^2 \rangle &= 3 \langle v_x^2 \rangle\end{aligned}$$

# Cambio total de cant. de movimiento



$$P V = N \left( \frac{2}{3} \langle E_k \rangle \right)$$

- Las verdes son las de interés.
- Colisión elástica con la pared:  $\Delta p = 2 m v_x$
- En el volúmen de interés tengo:  $\left( \frac{N}{V} \right) \left( \frac{A v_x \Delta t}{2} \right)$  partículas
- El cambio total de p será:  $\Delta p_T = \sum \Delta p_i = \left( \frac{N}{V} \right) \left( \frac{A v_x \Delta t}{2} \right) (2 m v_x)$

# ¿Cómo? ¿¿¿no era $PV = n R T$ ???

- Ecuación de estado de los gases ideales

$$PV = N \left( \frac{2}{3} \langle E_k \rangle \right)$$

- La  $\langle E_k \rangle$  es “**macroscópicamente inaccesible**”
- Definimos la **temperatura media**

$$T \equiv \left( \frac{1}{k} \right) \left( \frac{2}{3} \langle E_k \rangle \right)$$

- La **temperatura media** es una **medida** de la **energía cinética media** de las partículas del sistema. Luego:

$$PV = N k T = N \frac{N_A}{N_A} k T = \frac{N}{N_A} (N_A k) T = n R T$$

$$\rightarrow PV = n R T$$



## ¿Cuánta energía se necesita para mantener a la humanidad en funcionamiento?

Respuesta:

### Basta de opiniones → DATOS

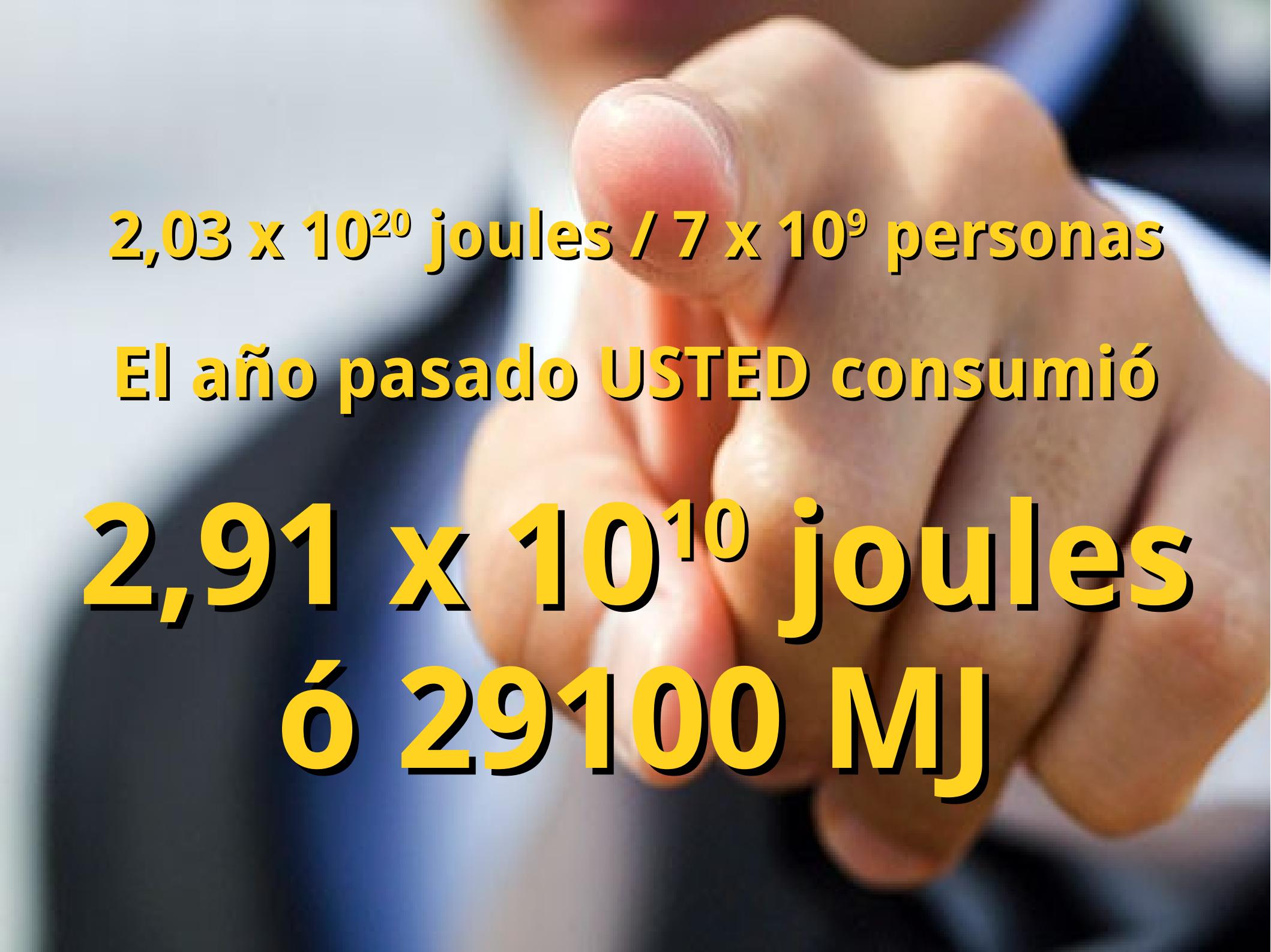
- Banco Mundial y ONU, Indicadores sobre el Desarrollo Humano, vía Google: <http://www.google.com/publicdata/directory>
- Enerdata, <http://yearbook.enerdata.net/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, <http://www.ipcc.ch/>
- Statistical Review of World Energy 2013, BP, <http://bit.ly/193S5Fs>

**$2,03 \times 10^{20}$  joules**

(Año 2012, +1.0% respecto a 2011)

fuente

Indicadores sobre Desarrollo Humano, ONU



**$2,03 \times 10^{20}$  joules /  $7 \times 10^9$  personas**

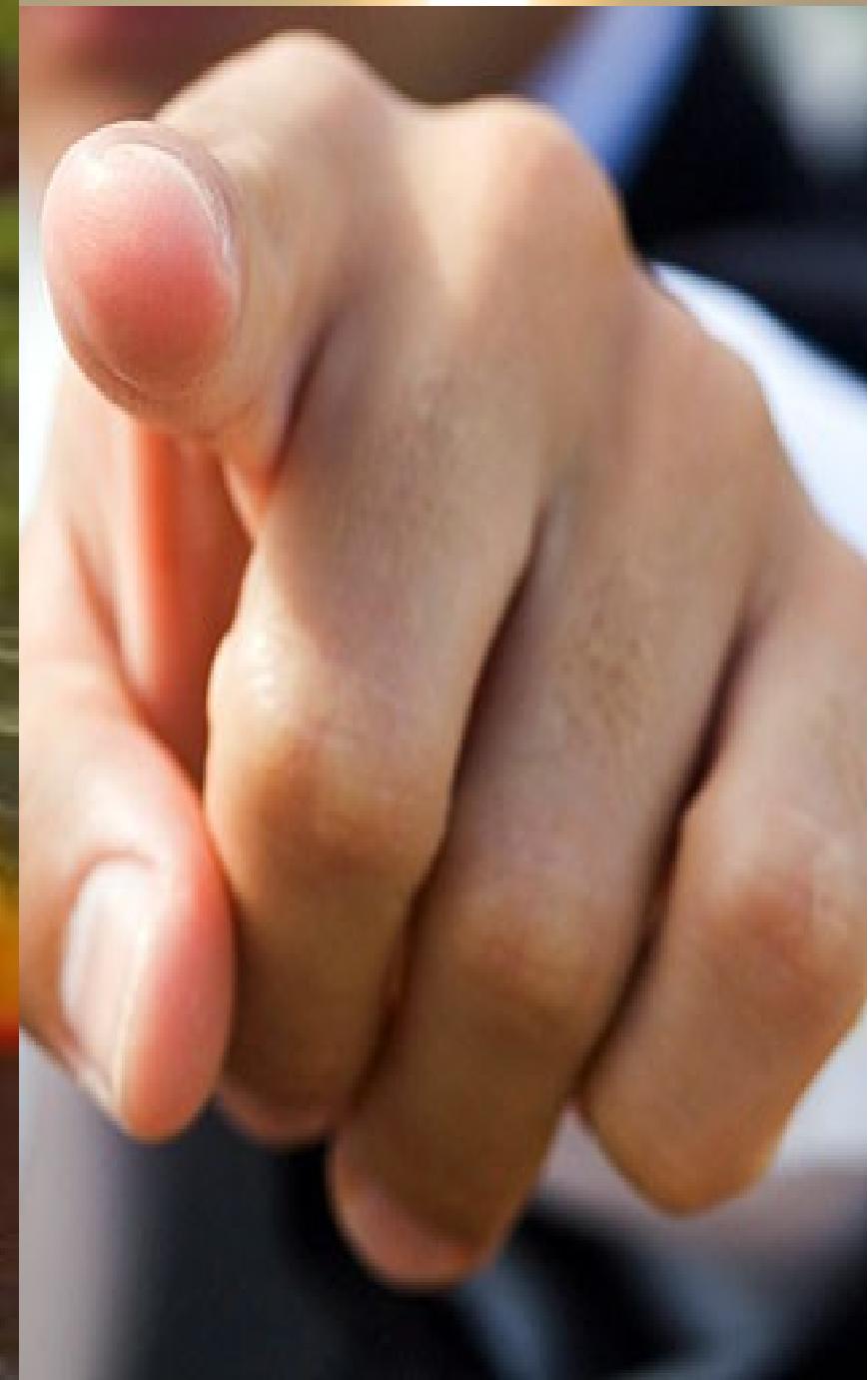
**El año pasado USTED consumió**

**$2,91 \times 10^{10}$  joules  
ó 29100 MJ**

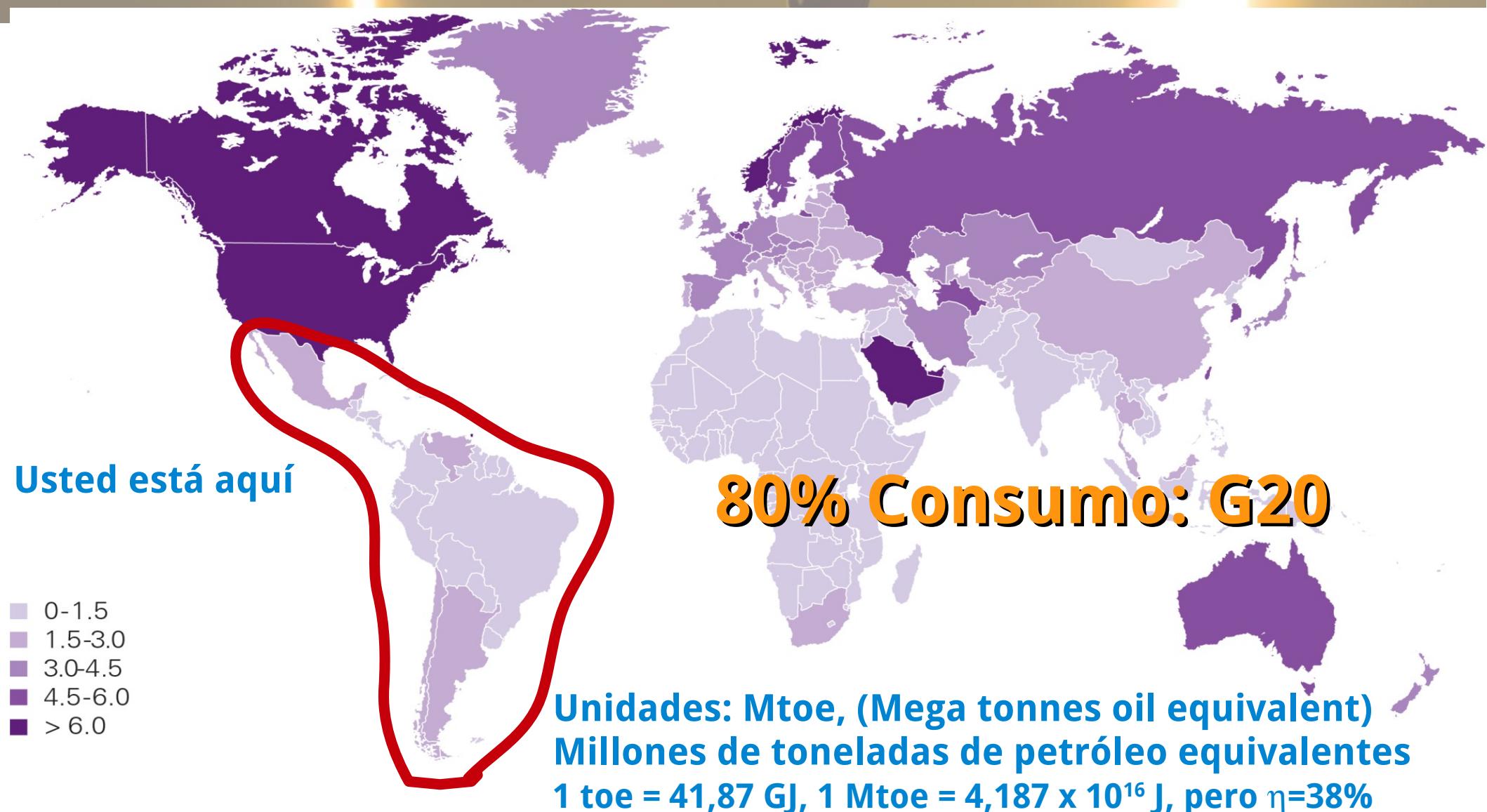
¿Quién, yo? Yo no fui...



Shrek 2  
El cumpleaños de Fiona



# Distribución del consumo per capita (2012)



Fuente: Statistical Review of World Energy 2013, BP

<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical-review-of-world-energy-2013.html>

- ¿Usted está muuuy seguro que no tuvo naaaaada que ver con ese valor?
- Veamos la potencia:

$$7,66 \times 10^{20} \text{ J}/(365*24*3600 \text{ s}) \sim 1 \text{ kW}$$

- Es decir, usted necesitó

**1 kW**



Monitor design may vary according to stock and model.



Quiero uno así



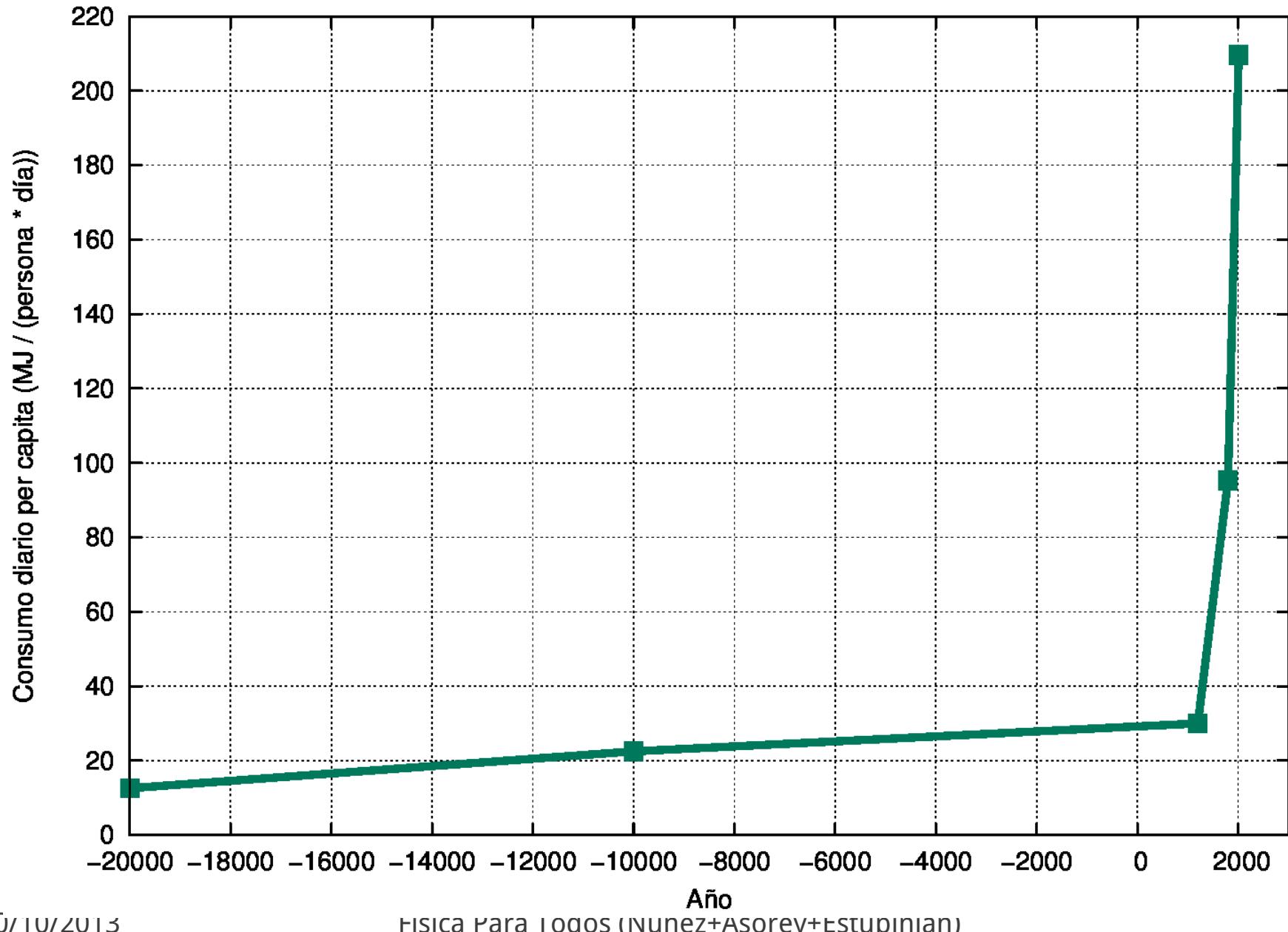
# ¿Cuál es el consumo de subsistencia?

- Metabolismo basal = 2000 kcal diarias
  - 50% Metabolismo celular
  - 40% Síntesis molecular, especialmente proteínas
  - 10% Trabajo mecánico interno (respiración, etc)
- Usted necesita trabajar para procurarse esas 2000 kcal diarias, pongamos otras 1000 kcal
- Consumo total diario: 3000 kcal
- En unidades decentes,  
 $3000 \text{ kcal} * 4184 \text{ J / kcal} \sim 12,6 \text{ MJ diarios}$

# Uso diario de energía per capita

- 20000 aC: 12.6 MJ per capita
  - Ingesta de subsistencia
- 10000 aC: 22.5 MJ per capita
  - Agricultura: animales y/o esclavos
- 1200 dC: 30.0 MJ per capita
  - Máquinas sencillas
- 1800 dC: 95.3 MJ per capita
  - Revolución industrial: Máquinas térmicas
- 2010 dC: 209.7 MJ per capita
  - Sociedad industrial

# Una imagen que vale mil palabras

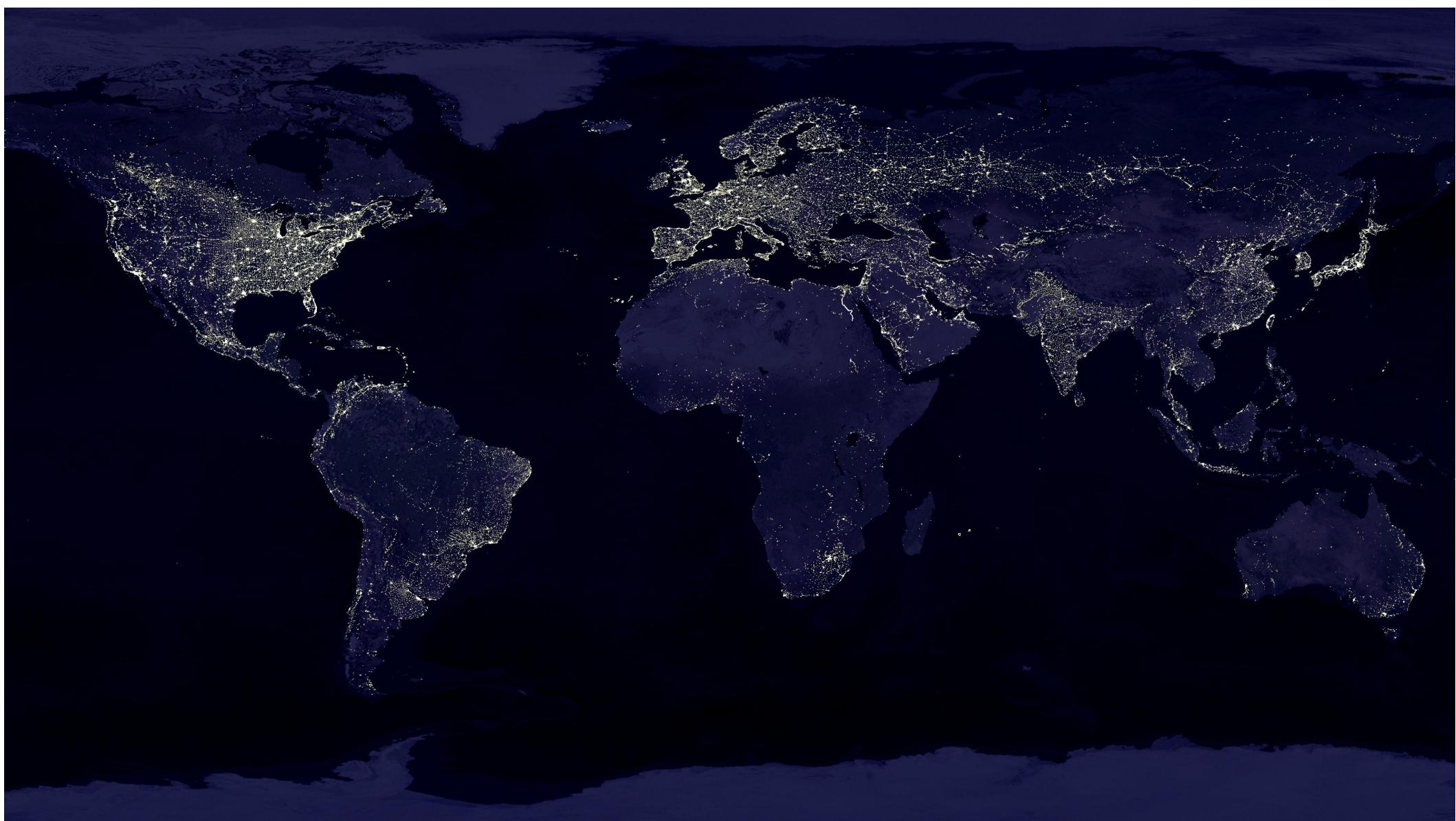


# Otra más

Jupiter



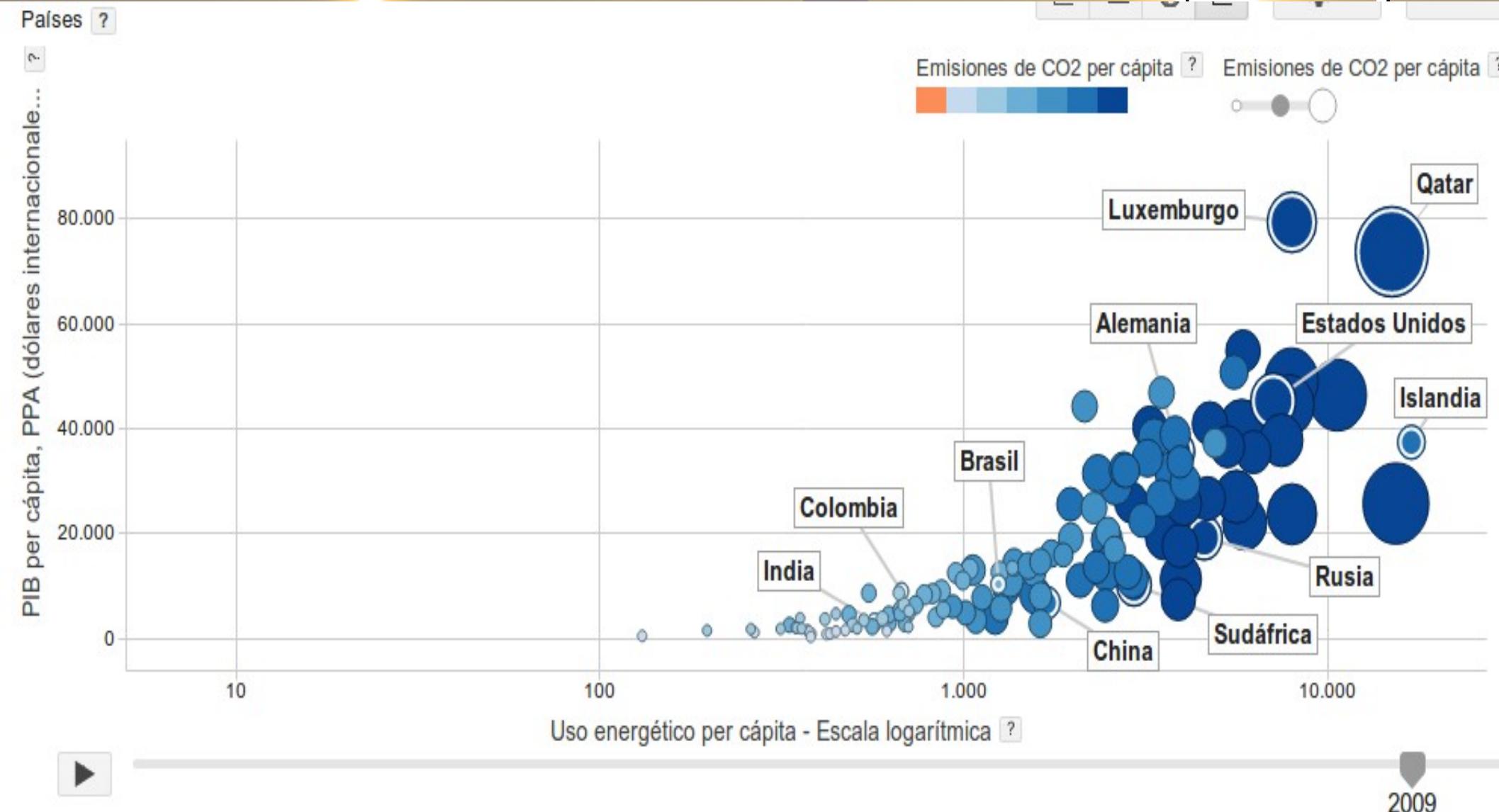
Y otras





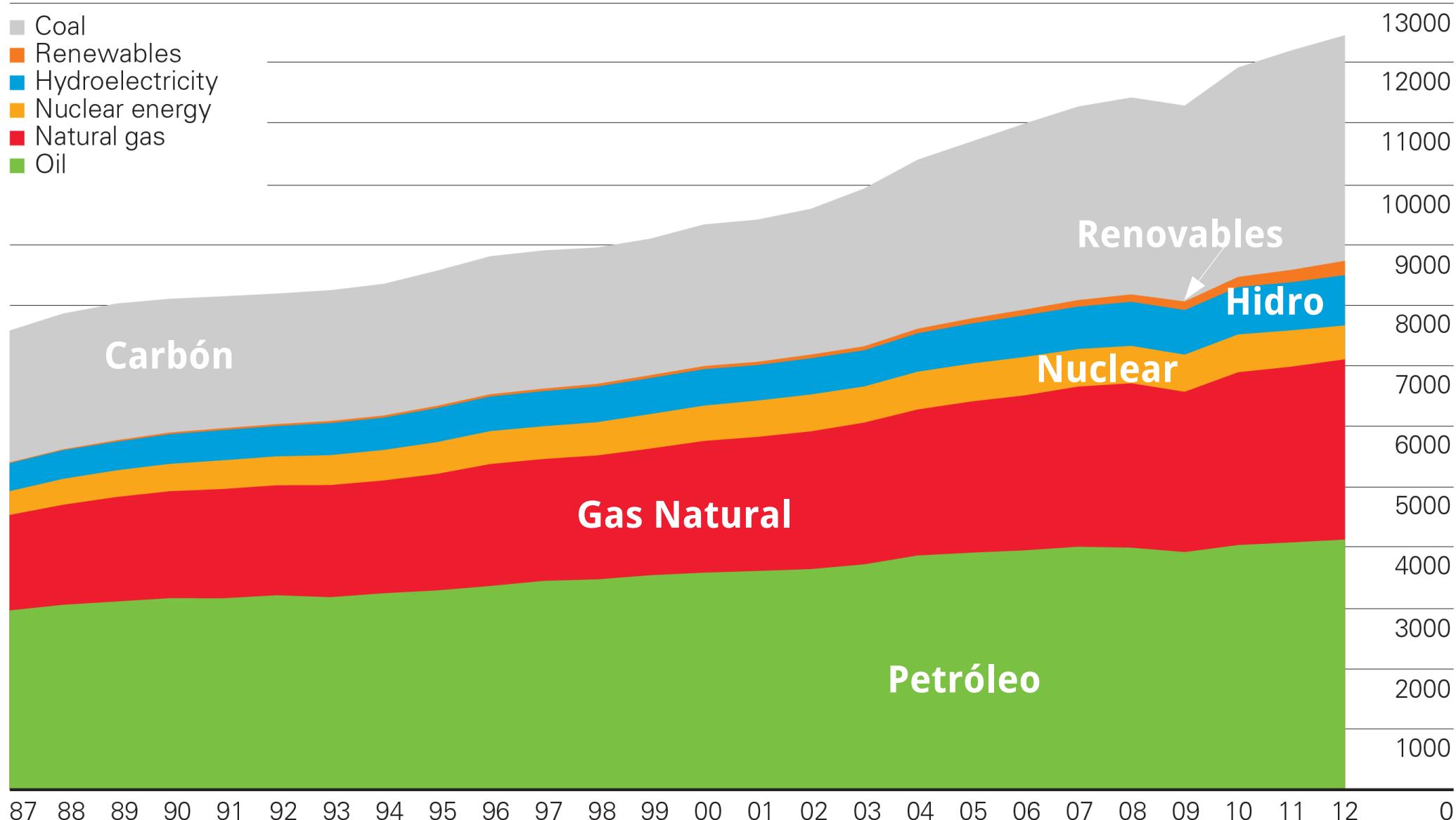


# (Consumo Energía vs PBI vs Emisiones CO<sub>2</sub>) per capita

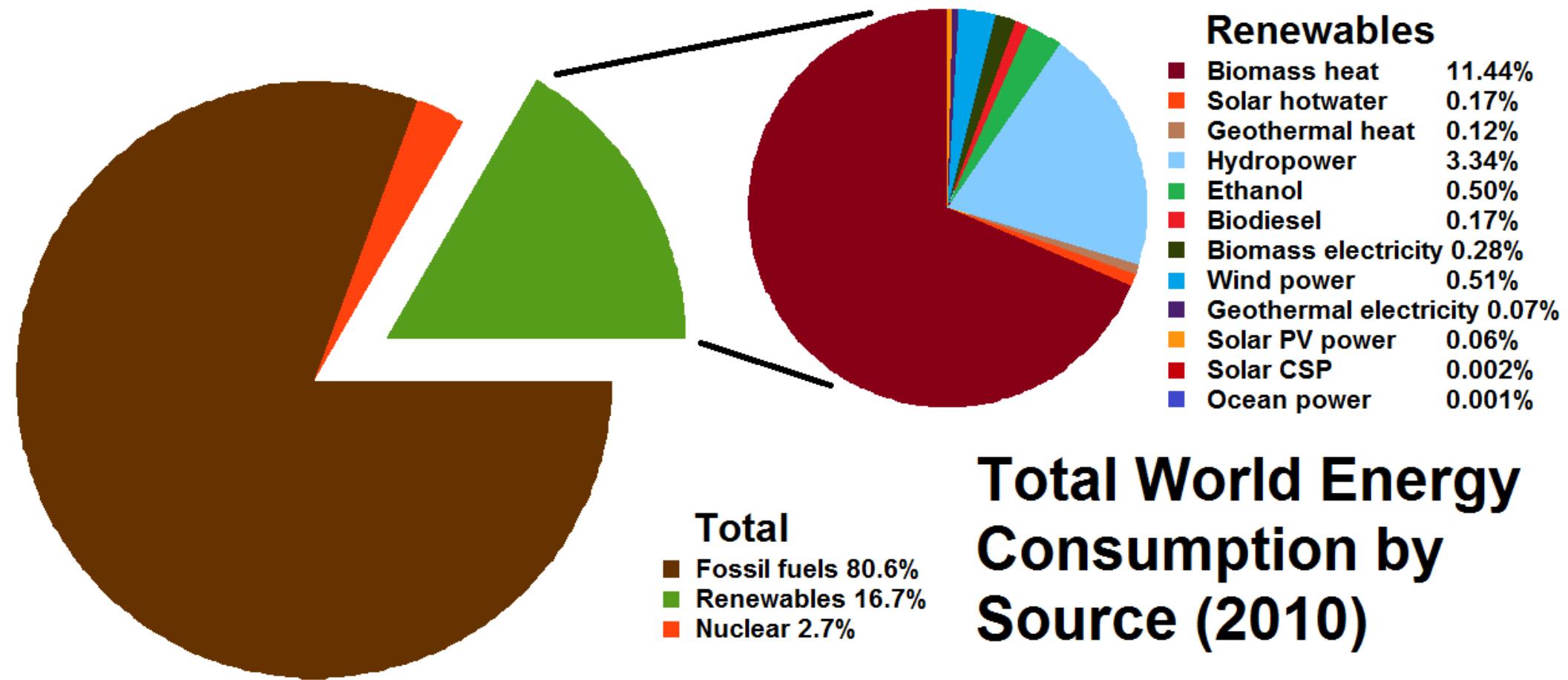


Fuente: Banco Mundial, vía Google, <http://bit.ly/19IqreL>

# Demanda de energía (Mtoe)



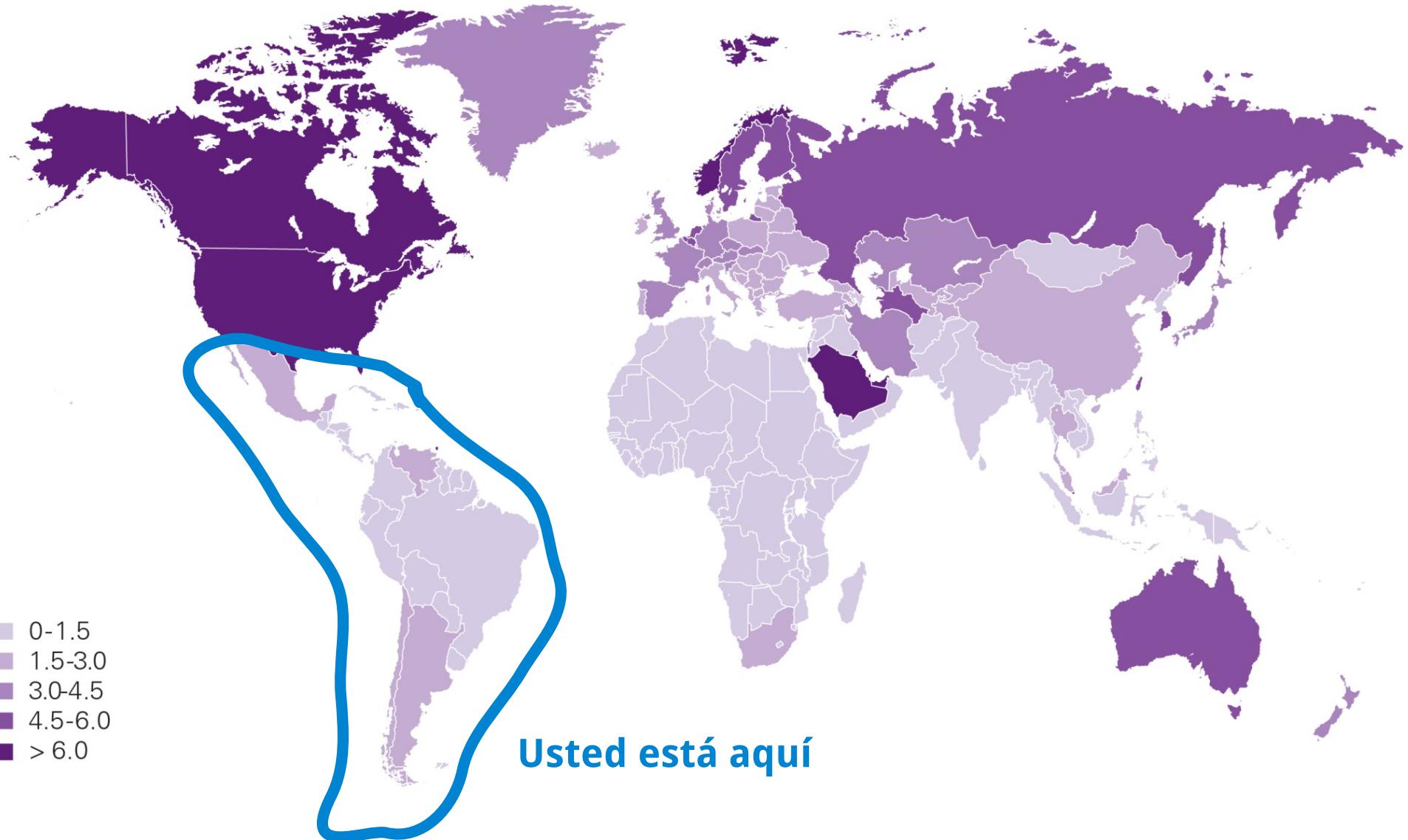
# Energía por tipo (Mundial, 2010)



Fuente: Wikipedia

[http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy)

# Consumo de Energía per capita (ton)



# Consumo de Petróleo per capita (ton)



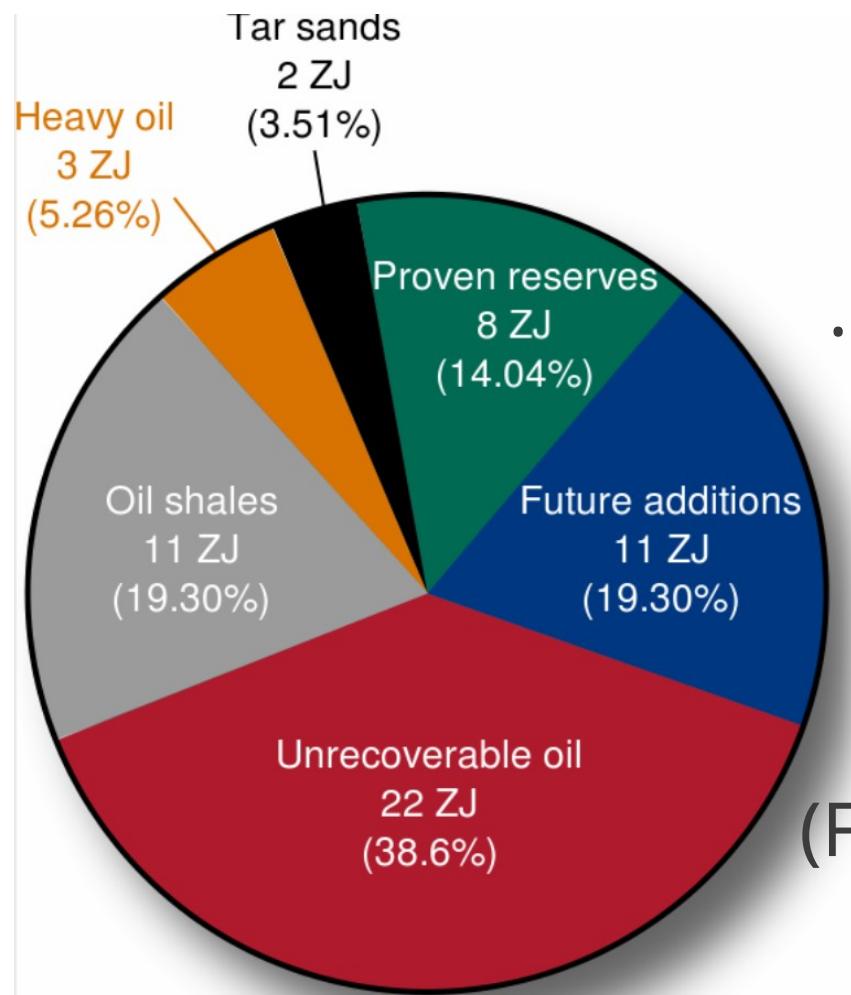
# Consumo de Gas per capita (toe)



# Consumo de Carbón per capita (toe)



# Cuando yo era chico...



1 toe = 41,87 GJ = 7.4 barriles  
1 barril = 42 US galones = 159 L

... quedaban 40 años de petróleo:

Carbón: 417 (148) años

Petróleo: 43 (43) años

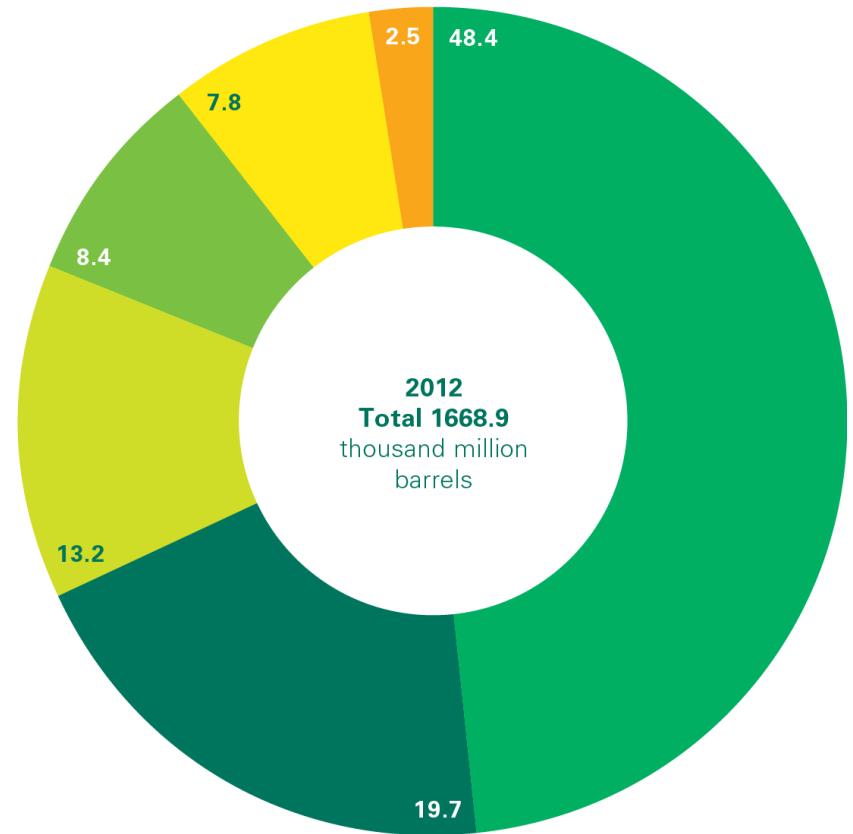
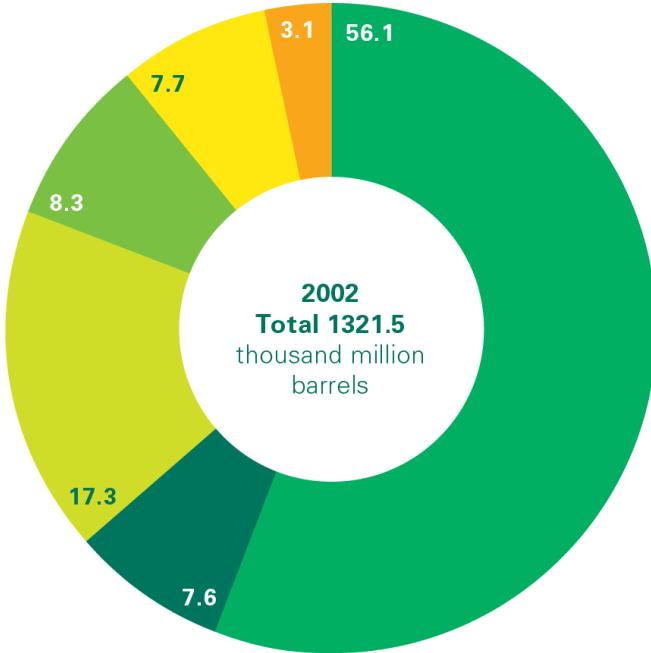
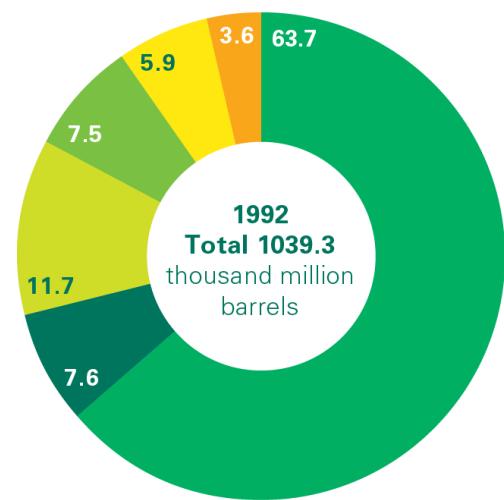
Gas Natural: 167 (61) años

(Estimaciones año 2009)

(Fuente: Banco Mundial, vía Google)

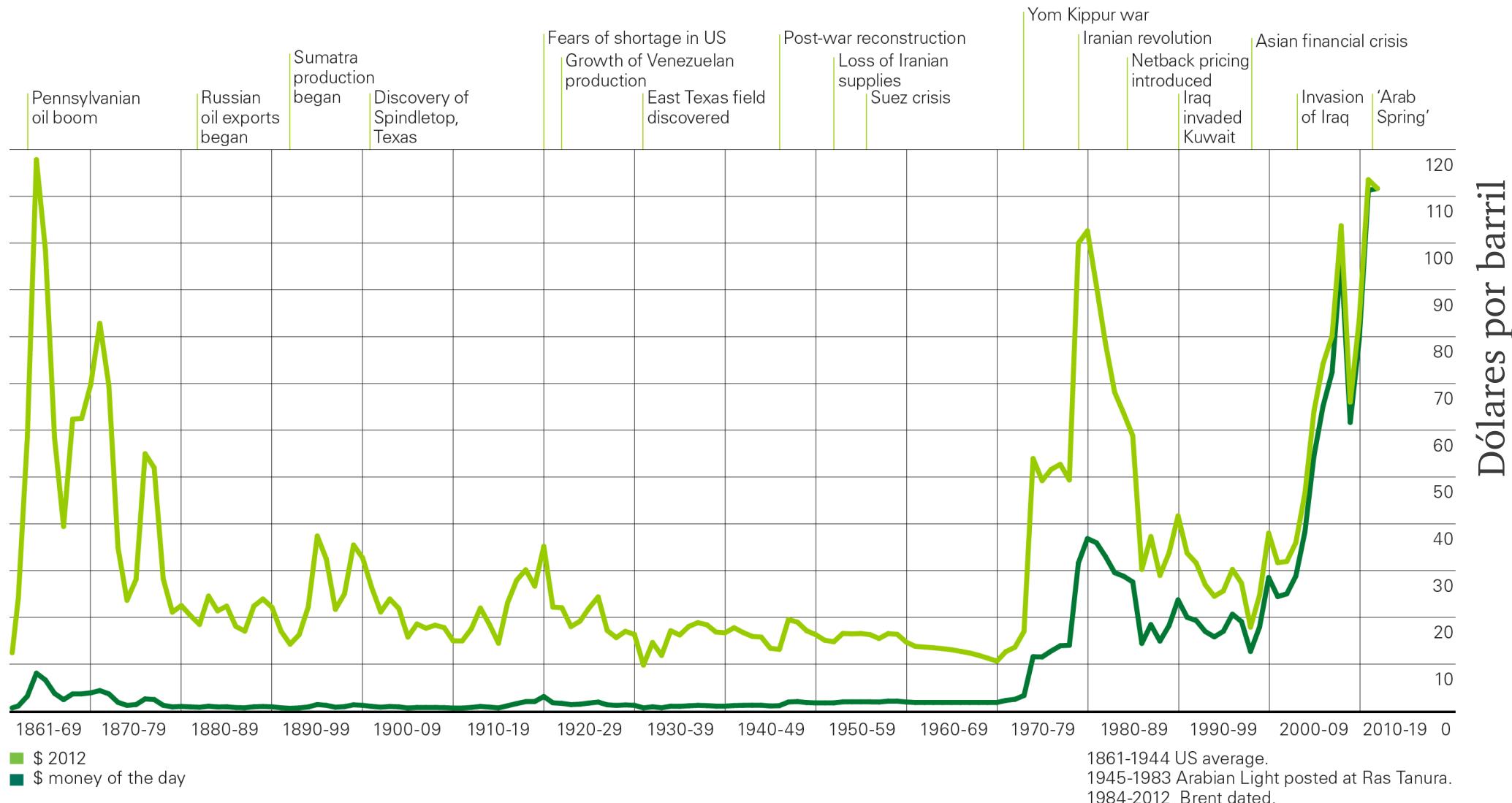
# Reservas confirmadas, x 10<sup>9</sup> barriles

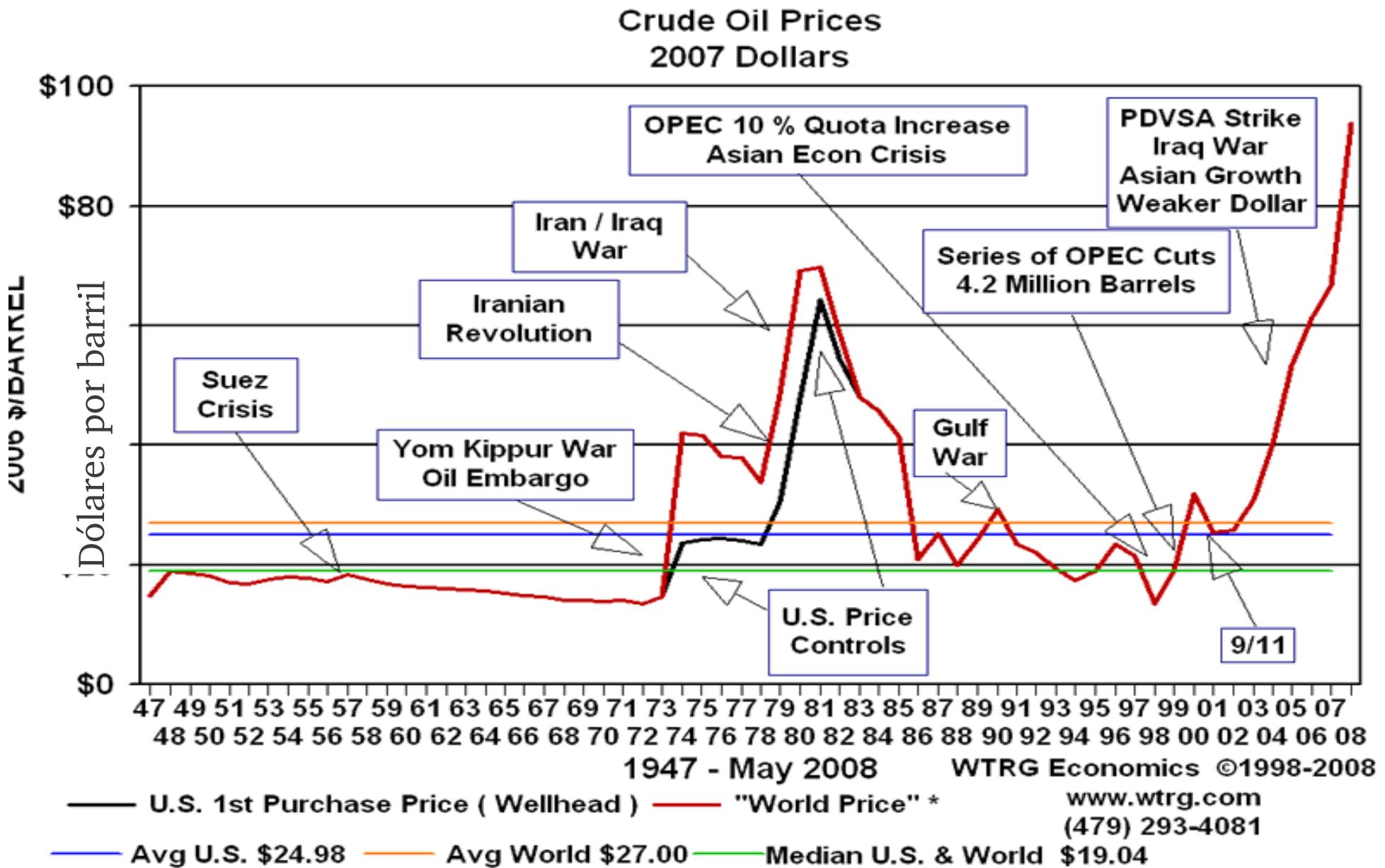
- Middle East
- S. & Cent. America
- North America
- Europe & Eurasia
- Africa
- Asia Pacific



Fuente: BP

# Según pasan los años...



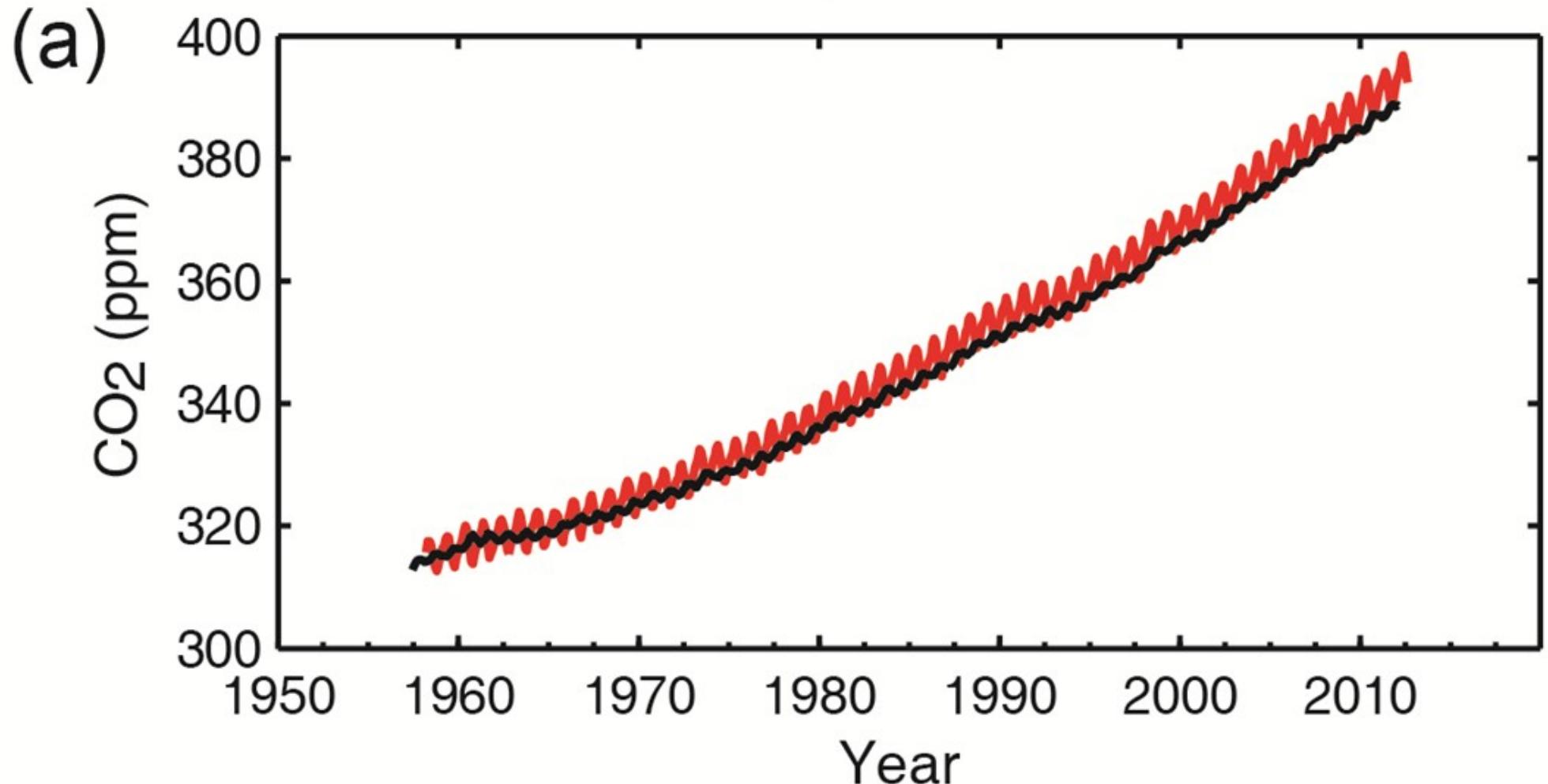


# Pero hay otro problema (a la Fermi)

- Supongamos: combustibles fósiles sólo petróleo
  - → ~ 80% de la energía ~ **10000 Mtoe**
  - 1 toe = 7,4 barriles
  - → ~  $7.4 \times 10^{10}$  barriles de petróleo en 2012
  - 1 barril de petróleo libera 317 kg CO<sub>2</sub> (<http://bit.ly/cTgsFM>)
- En 2012 el consumo de combustibles fósiles liberaron a la atmósfera:  $2.3 \times 10^{13}$  kg de CO<sub>2</sub>
- (Banco Mundial:  $3.2 \times 10^{13}$  kg de CO<sub>2</sub> en 2010)

# Y ese CO<sub>2</sub> termina en la atmósfera

## Atmospheric CO<sub>2</sub>

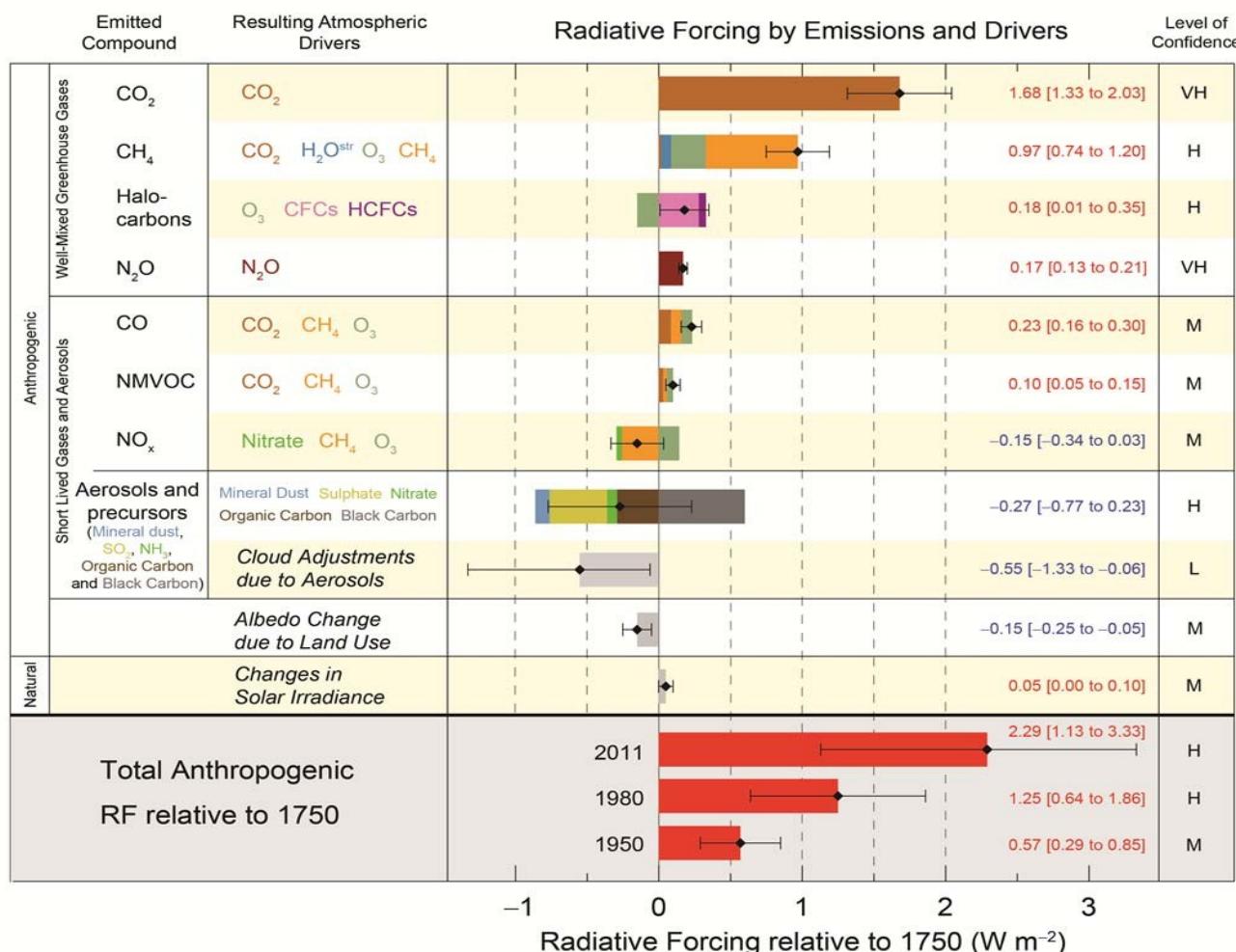


Fuente: 5to Reporte AR5, WG1, Physics, IPCC (26 Sep 2013)

Intergovernmental Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch/>

# Y el CO<sub>2</sub> “fuerza” el incremento de T

- La energía que llega del Sol es radiada al espacio  $T_{\text{orbital}} \sim 278 \text{ K}$
- Zona de Habitabilidad↔Equilibrio energético
- Stefan-Boltzmann↔Potencia~ $T^4$ . Sup de emisión:  $4\pi R^2 = 5.1 \times 10^{10} \text{ km}^2 \cdot$



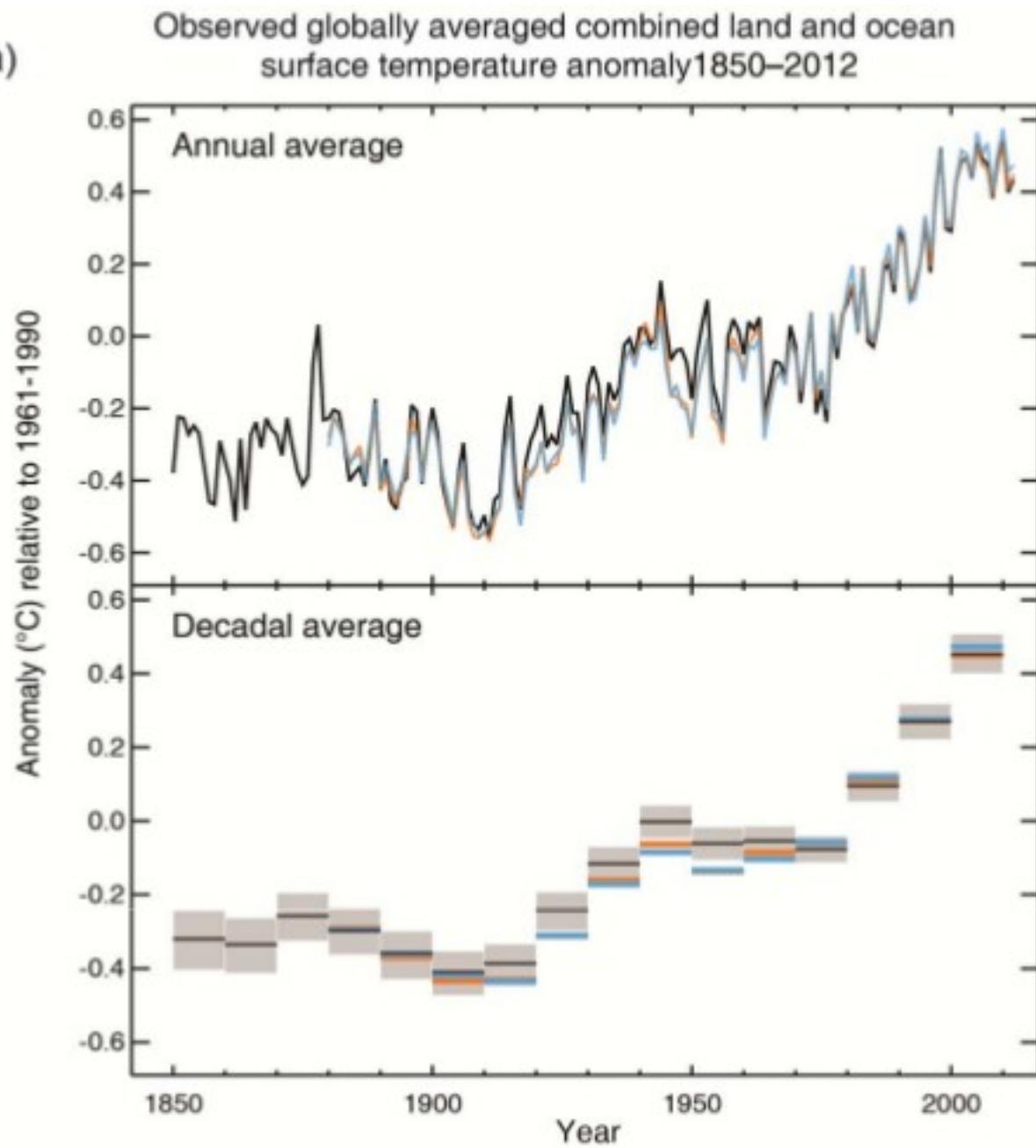
- Si aumenta la absorción, la Tierra aumenta la T para compensar
- La fuerza radiativa mide la potencia efectiva relativa a la emisión de base (en 1750 dC)
- 2.29 W/m<sup>2</sup> equivalen a 1.17 PW

# Más energía en la atmósfera

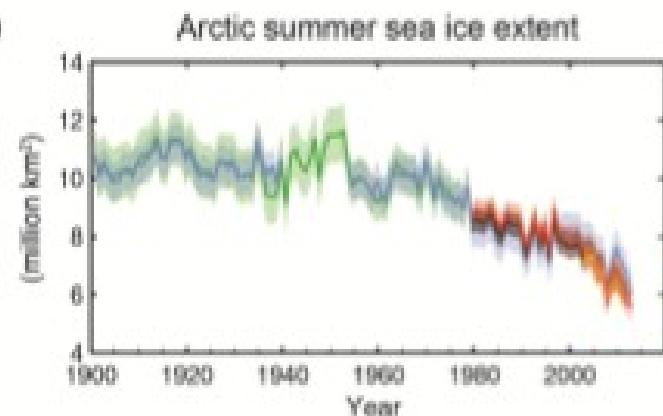
- → Le entrego calor a un gas a  $P=cte$ 
  - → Aumenta T
- → Si aumenta T → Aumenta la evaporación
  - → Más precipitaciones
- → Aumento T → Más energía cinética
  - → Aumentan los huracanes y su violencia
- → Aumenta T → Aumenta el derretimiento polar
  - → Sube el nivel del mar y disminuye el albedo
- → El fluido atmosférico circula, en otras zonas
  - → Aumento de la sequía

# Calentamiento Global

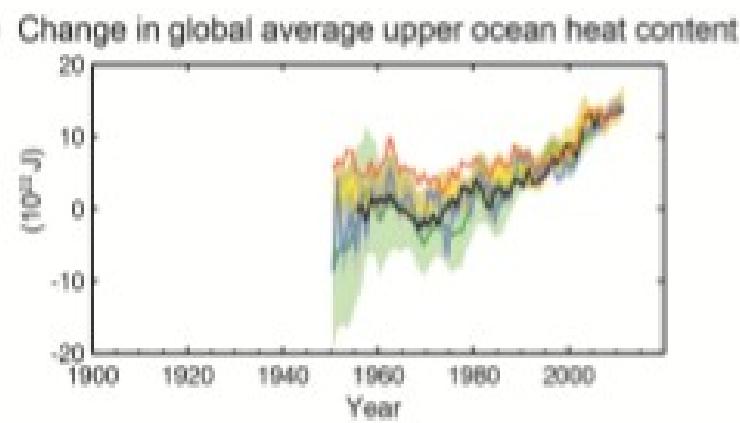
(a)



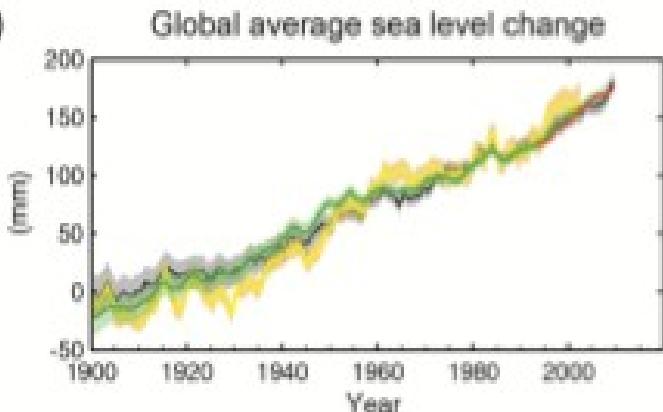
(b)



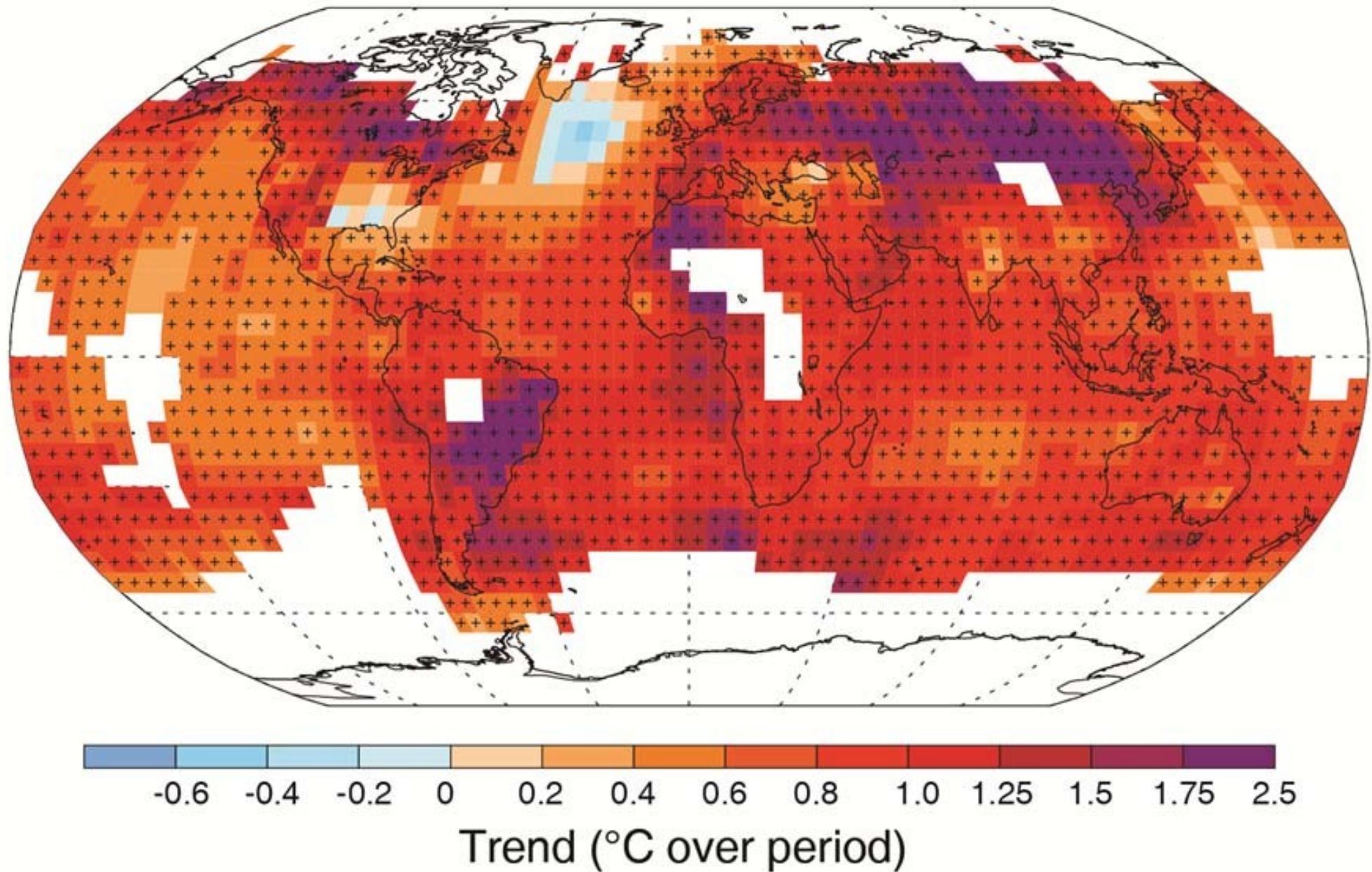
(c)



(d)

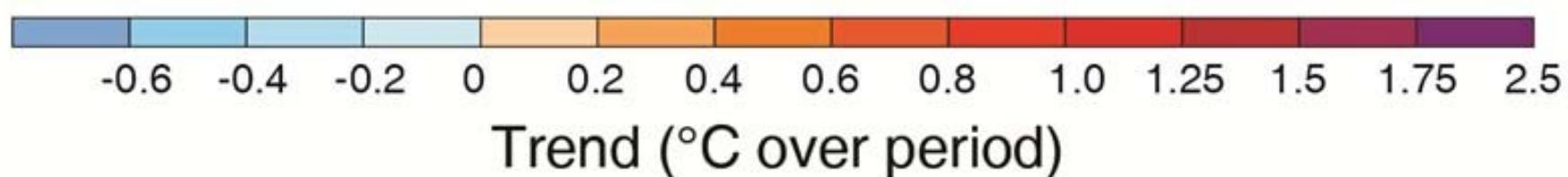


# Observed change in average surface temperature 1901–2012



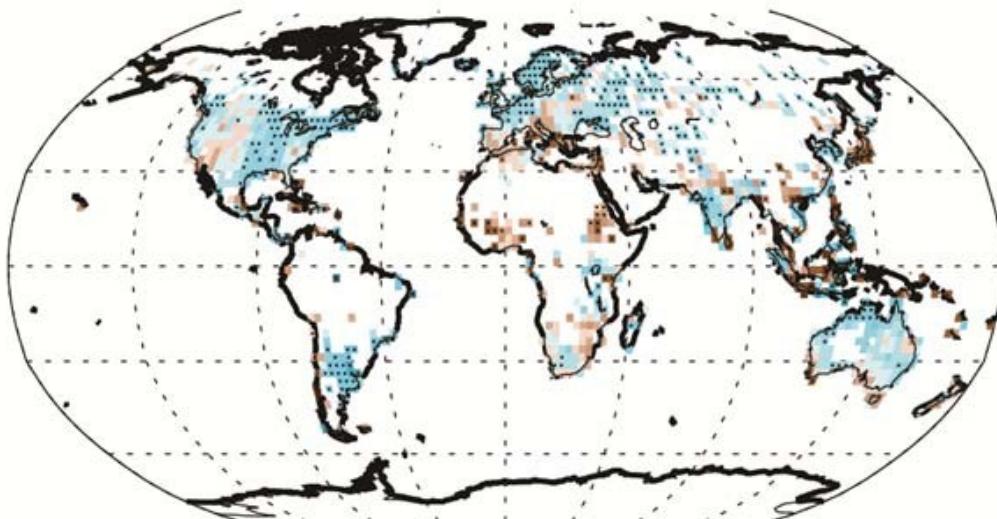
# Observed change in average surface temperature 1901–2012

**“El calentamiento del sistema climático es inequívoco, y desde 1950s, muchos de los cambios observados no tienen precedentes en tiempos de décadas a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, las cantidades de nieve y hielo se han reducido, el nivel del mar ha aumentado, y las concentraciones de gases invernadero se han incrementado.” AR5 WG1, IPPC, 2013**

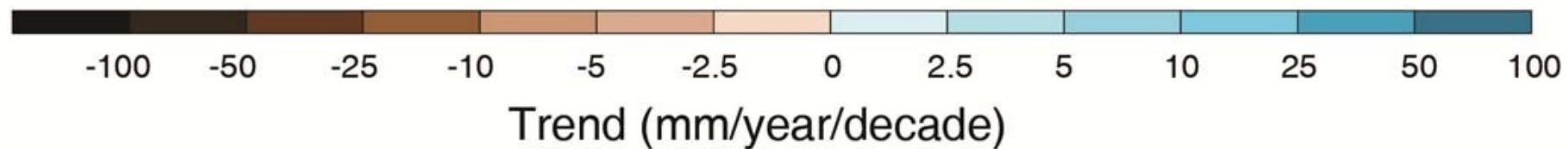
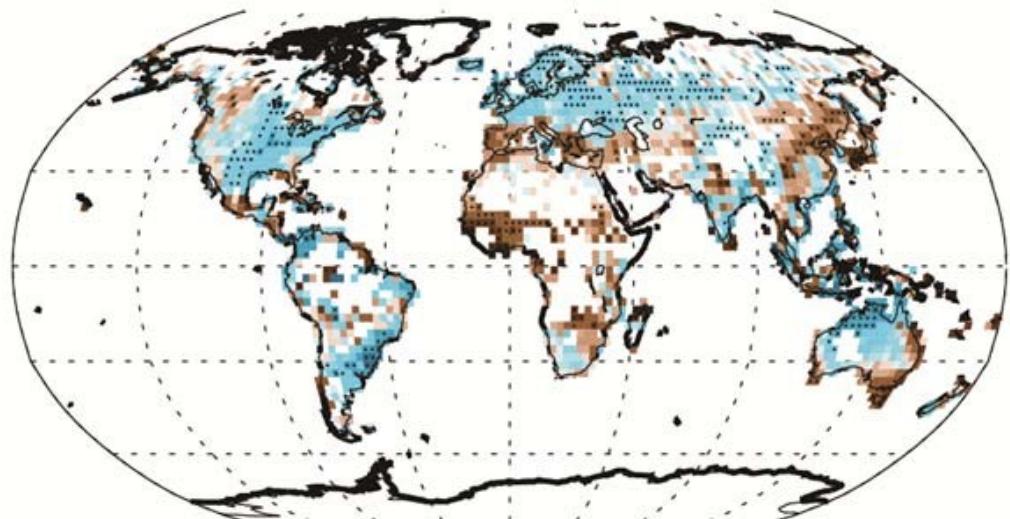


## Observed change in precipitation over land

1901– 2010

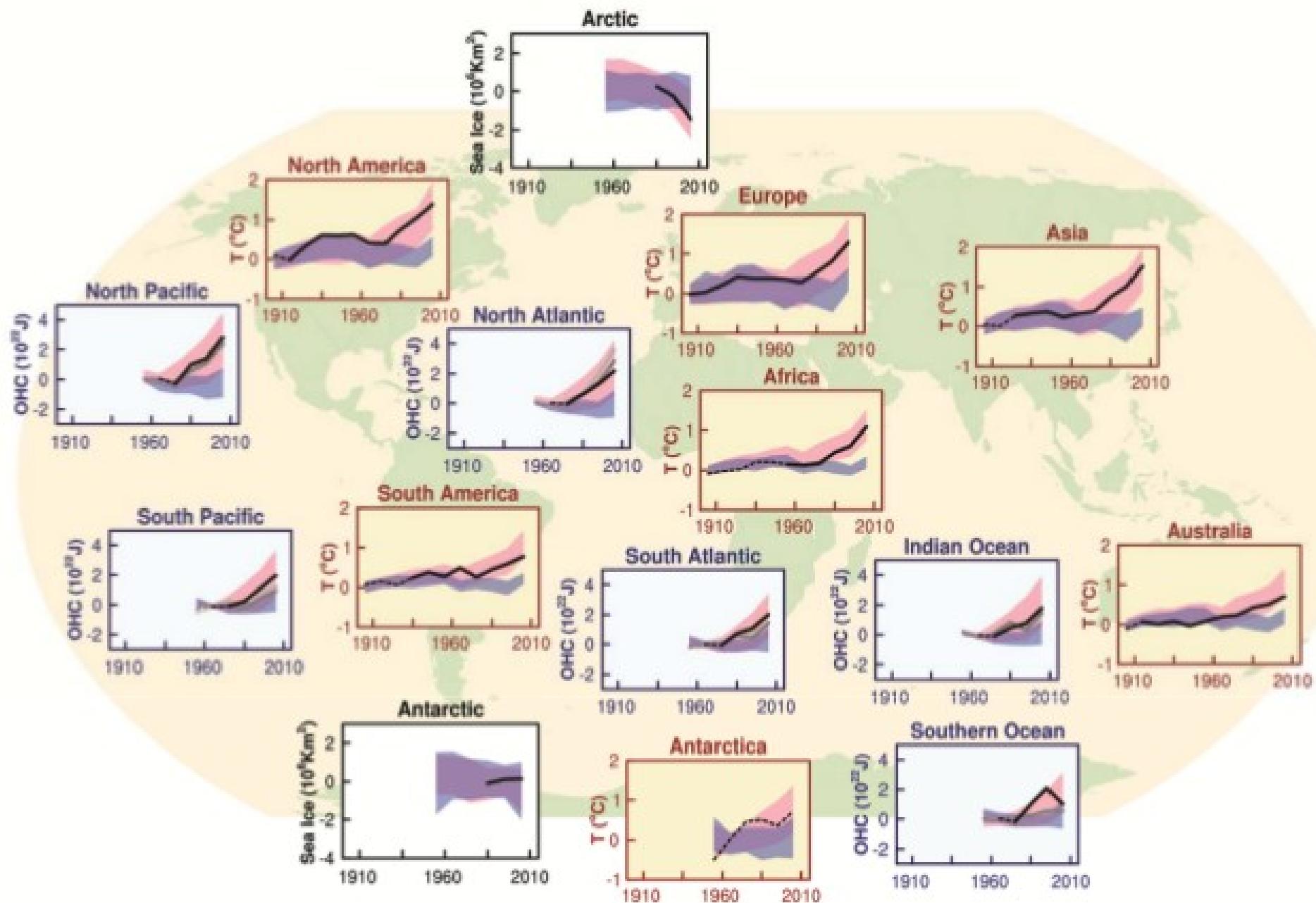


1951– 2010



**El calentamiento del océano domina el incremento de la energía almacenada en el sistema climático, representando más del 90% de la energía acumulada en el sistema entre 1971 y 2010 (95%CL). Es virtualmente seguro (99%-100%) que el océano superior (0 m-700 m) se calentó entre 1971 y 2010.**

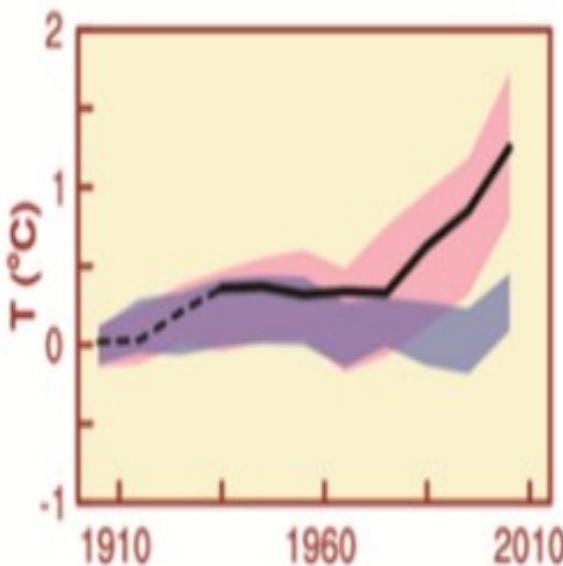
# Yo no fui...



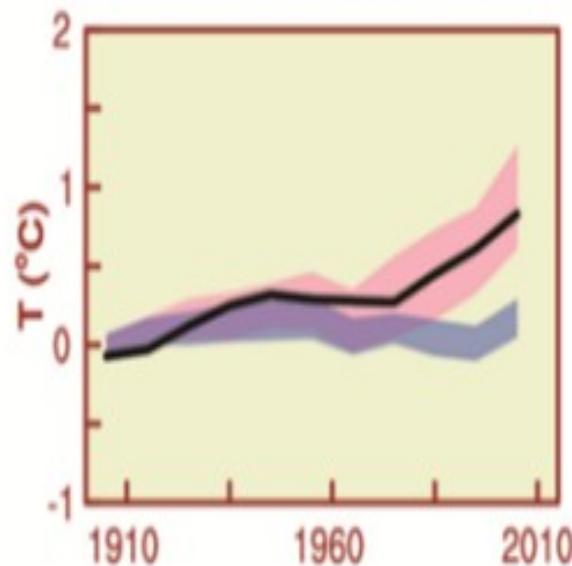
# ¿¿¿YO NO FUI??? ¿En serio?

## Global Averages

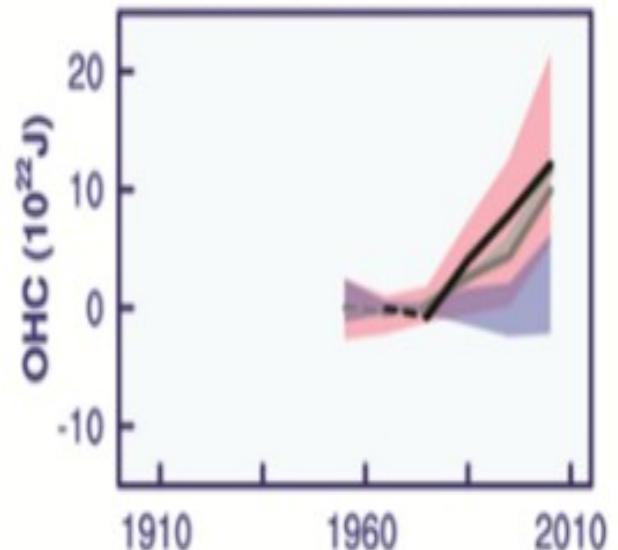
Land Surface



Land and Ocean Surface



Ocean Heat Content



Observations

Models using only natural forcings  
Models using both natural and anthropogenic forcings

# ¿¿¿YO NO FUI??? ¿En serio?

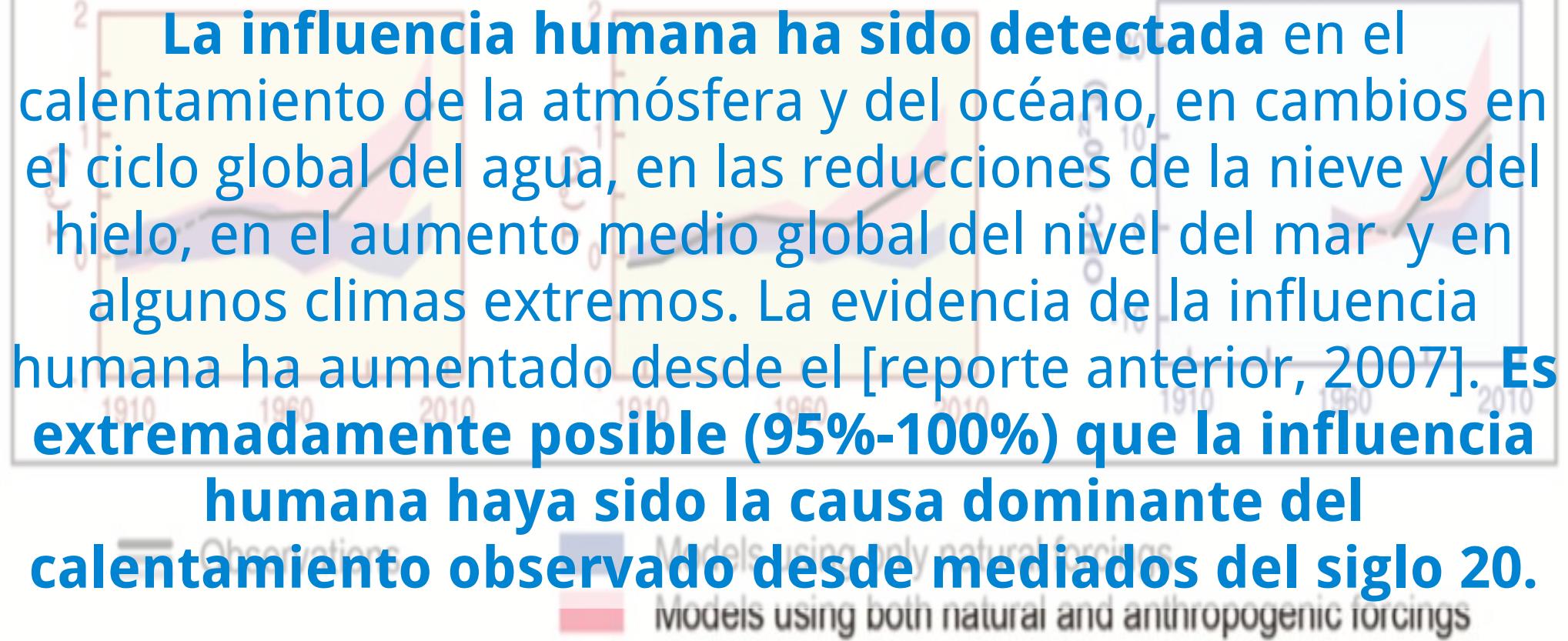
## Global Averages

Land Surface

Land and Ocean Surface

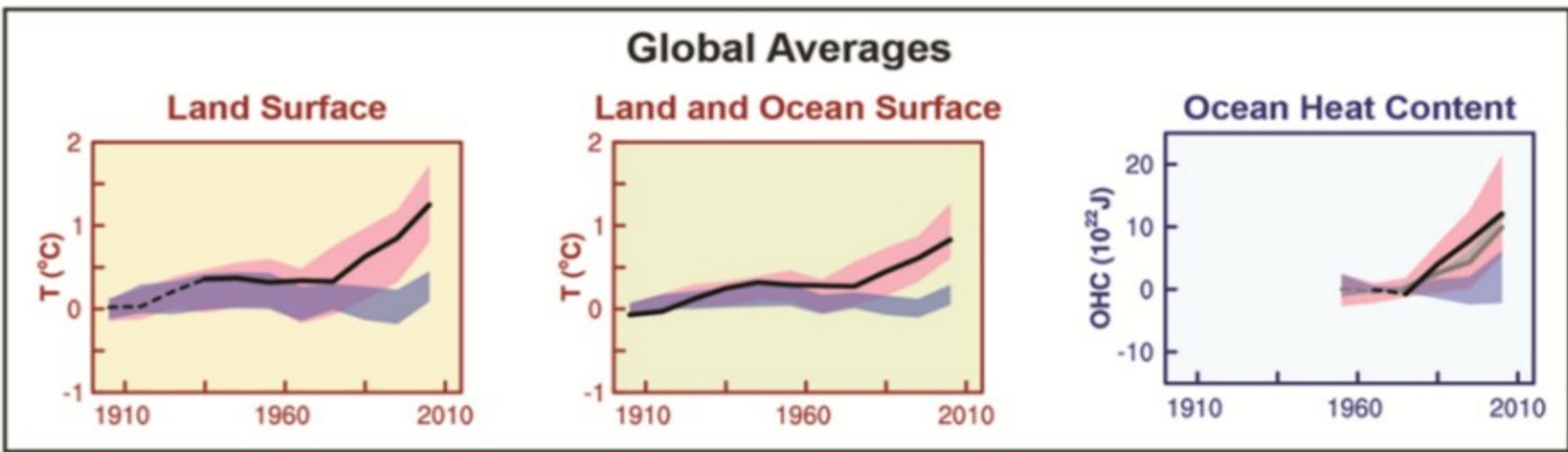
Ocean Heat Content

**La influencia humana ha sido detectada en el calentamiento de la atmósfera y del océano, en cambios en el ciclo global del agua, en las reducciones de la nieve y del hielo, en el aumento medio global del nivel del mar y en algunos climas extremos. La evidencia de la influencia humana ha aumentado desde el [reporte anterior, 2007]. Es extremadamente posible (95%-100%) que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo 20.**

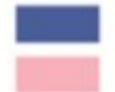


Observations  
Models using only natural forcings  
Models using both natural and anthropogenic forcings

# ¿¿¿YO NO FUI??? ¿En serio?



Observations



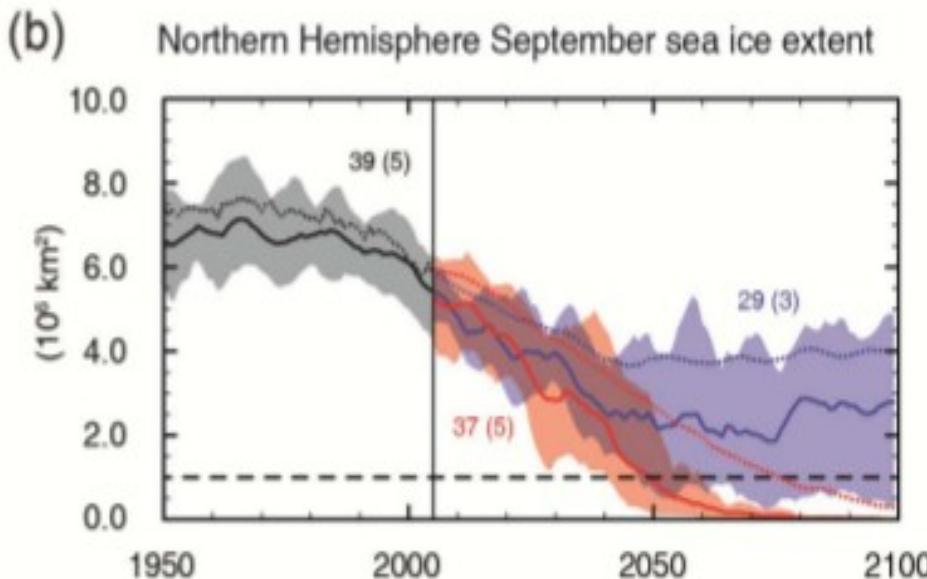
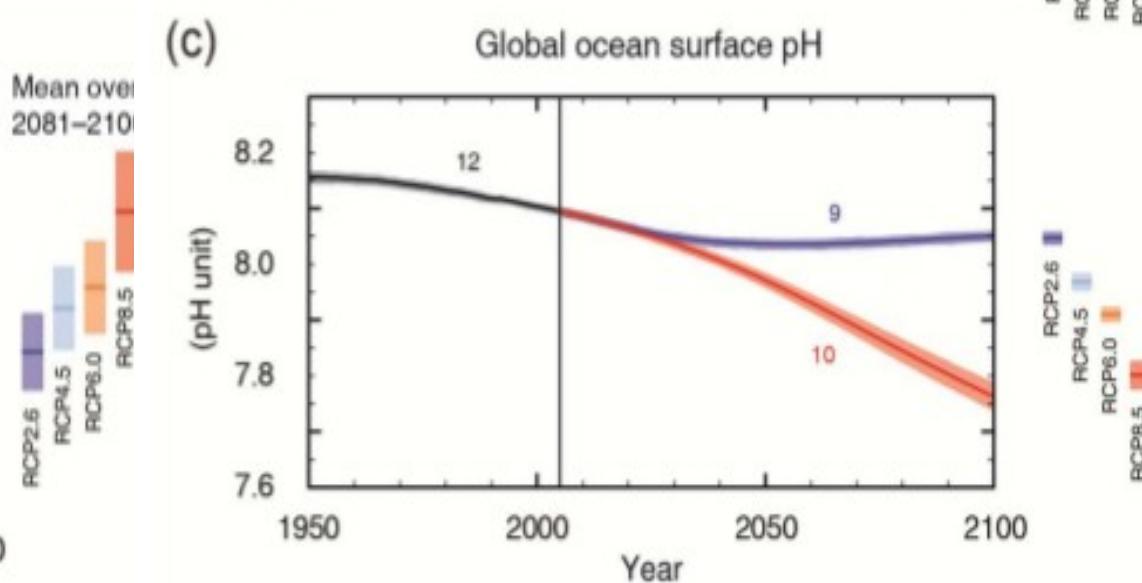
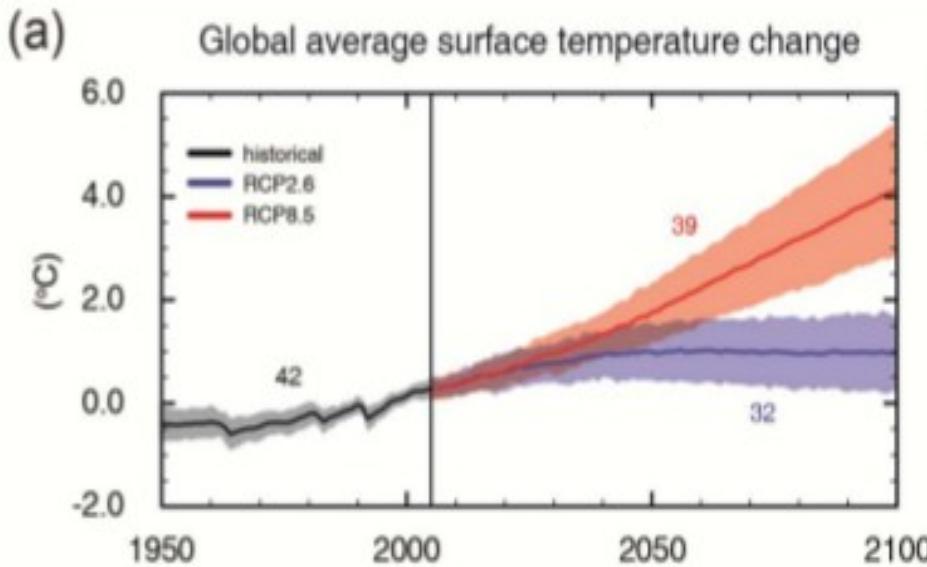
Models using only natural forcings



Models using both natural and anthropogenic forcings

- No fueron los volcanes
- No fue el Sol
- No fue el ciclo natural del sistema climático
- No fueron los agoreros de siempre
- **Fuimos nosotros**

# Para 2080 faltan “sólo” 67 años



- Hoy estamos en RCP2.3 (Confirmado al 95% CL)
- Todos los modelos predicen severos cambios atmosféricos a nivel local y global

# Impacto Ambiental: Huella de Carbono



## FOOTPRINT CALCULATOR

<http://footprint.wwf.org.uk/>

Log in

## YOUR FOOTPRINT



2.16  
PLANETS

We would need **2.16** planets if everyone lived your lifestyle

We only have one.

YOUR ECP SCORE: **195** ANNUAL CARBON OUTPUT: **3.0 TONS**

### How Your ECP Score Works

Your ECP score is linked to your private Earth Conservation Plan. Generally, ECP scores range from 150 – 900, the lower the better. Your ECP score is calculated based on six categories related to Home, Energy, Work, Commute, Travel and Lifestyle.

**En el último año, yo produje  
3 Toneladas de CO<sub>2</sub>  
Mi ECP es 195 (entre 150 y  
900, menor es mejor)**

# Analice su huella de carbono y actúe en consecuencia

<http://www.carbonfootprint.com/>

## Your Carbon Footprint:

- House 0.21 metric tons of CO<sub>2</sub>e
- Flights 2.16 metric tons of CO<sub>2</sub>e
- Car 0.00 metric tons of CO<sub>2</sub>e
- Motorbike 0.00 metric tons of CO<sub>2</sub>e
- Bus & Rail 0.28 metric tons of CO<sub>2</sub>e
- Secondary 2.11 metric tons of CO<sub>2</sub>e

**Total = 4.76 metric tons of CO<sub>2</sub>e**



all of your carbon footprint, click the sections you would like to offset in the list above, and click the Offset Now button.

**Total To Offset = 4.76 metric tons of CO<sub>2</sub>e** **Offset Now**

- Your footprint is 4.76 metric tons per year
- The average footprint for people in Colombia is 1.21 metric tons
- The average for the industrial nations is about 11 metric tons
- The average worldwide carbon footprint is about 4 metric tons
- The worldwide target to combat climate change is 2 metric tons

# Todos podemos hacer un aporte

- Reduzca el consumo y el consumismo. ¿Está seguro que necesita ese último modelo de zapatos?
- Camine: es bueno para el ambiente y para su salud
- prefiera transportes públicos, en este orden: Tren → Subte → Buses → Busetas → Taxi Múltiple
- Evite el uso de taxis o carros, y si lo usa, optimice
- Use productos de bajo consumo y con bajo nivel de embalajes
- Apague luces y electrodomésticos que no use.
- Aires Acondicionados: 24°C / Calefacción: 17 °C
- Prefiera productos locales. Reduzca el consumo de carnes
- Optimice el uso del agua. Evite la compra de agua embotellada
- Lleve bolsas al mercado. Evite comprar productos plásticos
- Recicle y clasifique la basura.
- **Penalice con su compra y con su voto. Piense, luego actúe**



**Todos podemos hacer un aporte**

**Mientras esperamos que los gobiernos tomen conciencia y verdaderas acciones...**

**Analice SUS acciones y actúe a conciencia**

Usted es un universitario, tiene acceso a recursos e información. Aprovéchelos y ayude a su vecino

**Penalice con su consumo a las empresas y con su voto a los políticos**

**La actividad humana siempre tendrá  
un impacto ambiental no nulo**

**y si no me creen...**

*Just Tryin' to Make Cents of it*



**... hay seiscientos  
veinte millones de  
pollos dispuestos  
a afirmarlo.**

**FIN**