

Universidad Nacional de Río Negro

Física III B - 2018

- **Unidad** 04
- **Clase** UO4C02 - 21
- **Fecha** 14 Jun 2018
- **Cont** Energía y Humanidad, 1
- **Cátedra** Asorey
- **Web** github.com/asoreyh/unrn-f3b
- **YouTube** <https://goo.gl/nNhGCZ>



Contenidos: Termodinámica, alias F3B, alias F4A

Unidad 1

El Calor

Hace calor

Unidad 2

Primer principio

Todo se transforma

Unidad 3

Segundo Principio

Nada es gratis

Unidad 4

Aplicaciones

Es lo que hay



Bloque 2 - Unidad 4: Aplicaciones

- Transferencia de calor: radiación, conducción y convección. Ley de Newton. Conductores y aislantes del calor. Ley de Fourier. Aplicaciones hogareñas. Energía y humanidad. Calentamiento global.

Reducción del rendimiento, $\eta \leq \eta_c$

- Dividiendo ambos miembros por $|Q_{ABS}|$

$$\eta \stackrel{\text{def}}{=} \frac{|W|}{|Q_{ABS}|} = \overbrace{\left(\frac{|W_R|}{|Q_{ABS}|} \right)}^{\eta_c} - T_f \frac{\Delta S_U}{|Q_{ABS}|}$$

$$\eta = \eta_c - T_f \frac{\Delta S_U}{|Q_{ABS}|} \rightarrow \eta \leq \eta_c$$

- que nos permite calcular el cambio de entropía:

$$\Delta S_U = \frac{|Q_{ABS}|}{T_f} (\eta_c - \eta)$$

El proceso es irreversible

- Entonces:

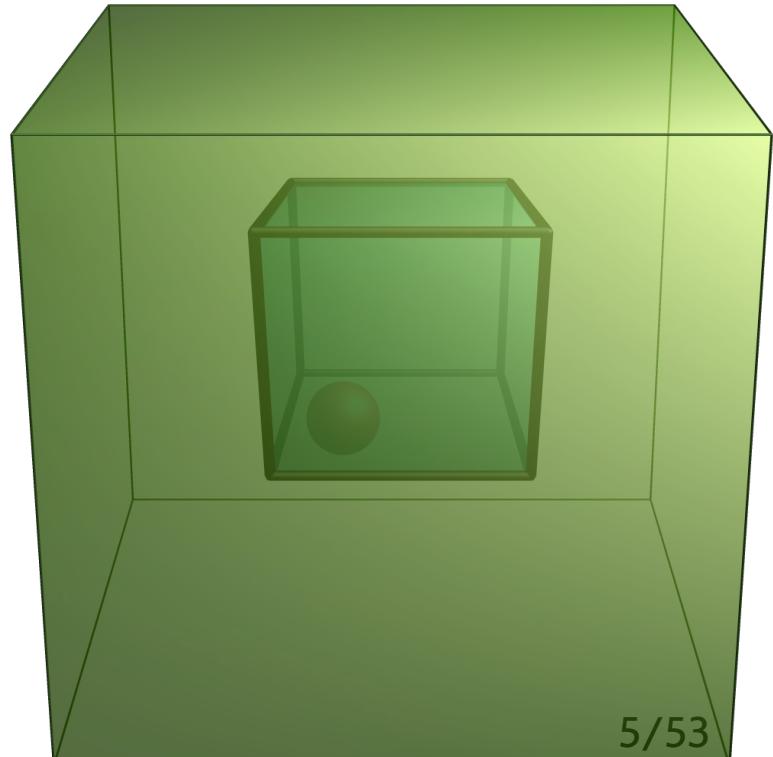
$$T_{\text{eq}} = 300 \text{ K}, \Delta S_{\text{Cu}} = -6,26 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}, \Delta S_{\text{H}_2\text{O}} = +6,72 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{\text{U}} = \Delta S_{\text{Cu}} + \Delta S_{\text{H}_2\text{O}} = +0,46 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

- El proceso es irreversible y la entropía del Universo aumentó

- ¿Por qué usamos un proceso reversible para calcular ΔS ?

**Porque es una función de estado
y no depende del proceso**

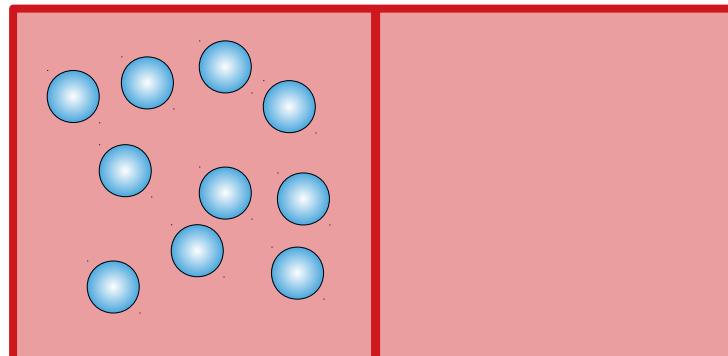


Si arrojo dos dados...

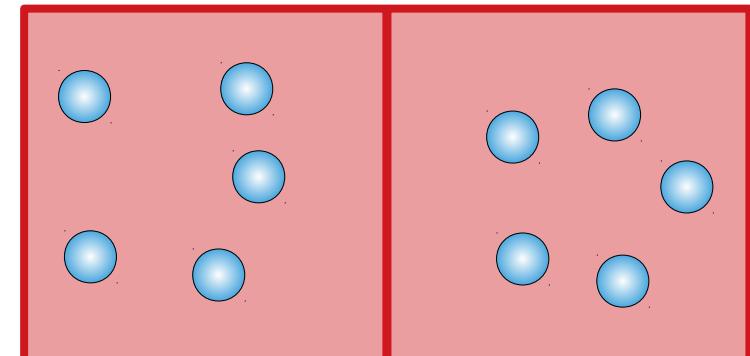
- **Macroestados:** configuración del sistema (n)
- **Microestados:** distintas configuraciones de los constituyentes del sistema que llevan a un macroestado. P. ej: $n=3 \rightarrow (1,2)$ ó $(2,1)$
- **Multiplicidad:** cantidad de microestados que conducen al mismo macroestados final (p. ej, $n=3 \rightarrow \Omega_3=2$)
- El sistema “dos dados” puede existir en alguno de esos 11 posibles valores ($2 \rightarrow 12$) macroestados, y en ningún otro
- Cada **macroestado** puede alcanzarse mediante distintos **microestados**
- Cuando mayor sea la **multiplicidad Ω** , es más probable que el sistema se encuentre en ese macroestado.
- ¿macroestado más probable? $\rightarrow 7$
¿macroestado menos probable? $\rightarrow 2$ ó 12

- Para 10 moléculas, $n=2^{10}=1024$.
 - Todas de un lado: la probabilidad es $1/1024$
 - 5 y 5: $\Omega=252$. La probabilidad de este estado es $252/1024 \sim 25\%$
- Para 100, $n=2^{100} \sim 1,3 \times 10^{30}$. Todas de un lado, $P=1/2^{100} \sim 0$
- Imaginen para el número de Avogadro

$P=1/1024$



$P=252/1024$

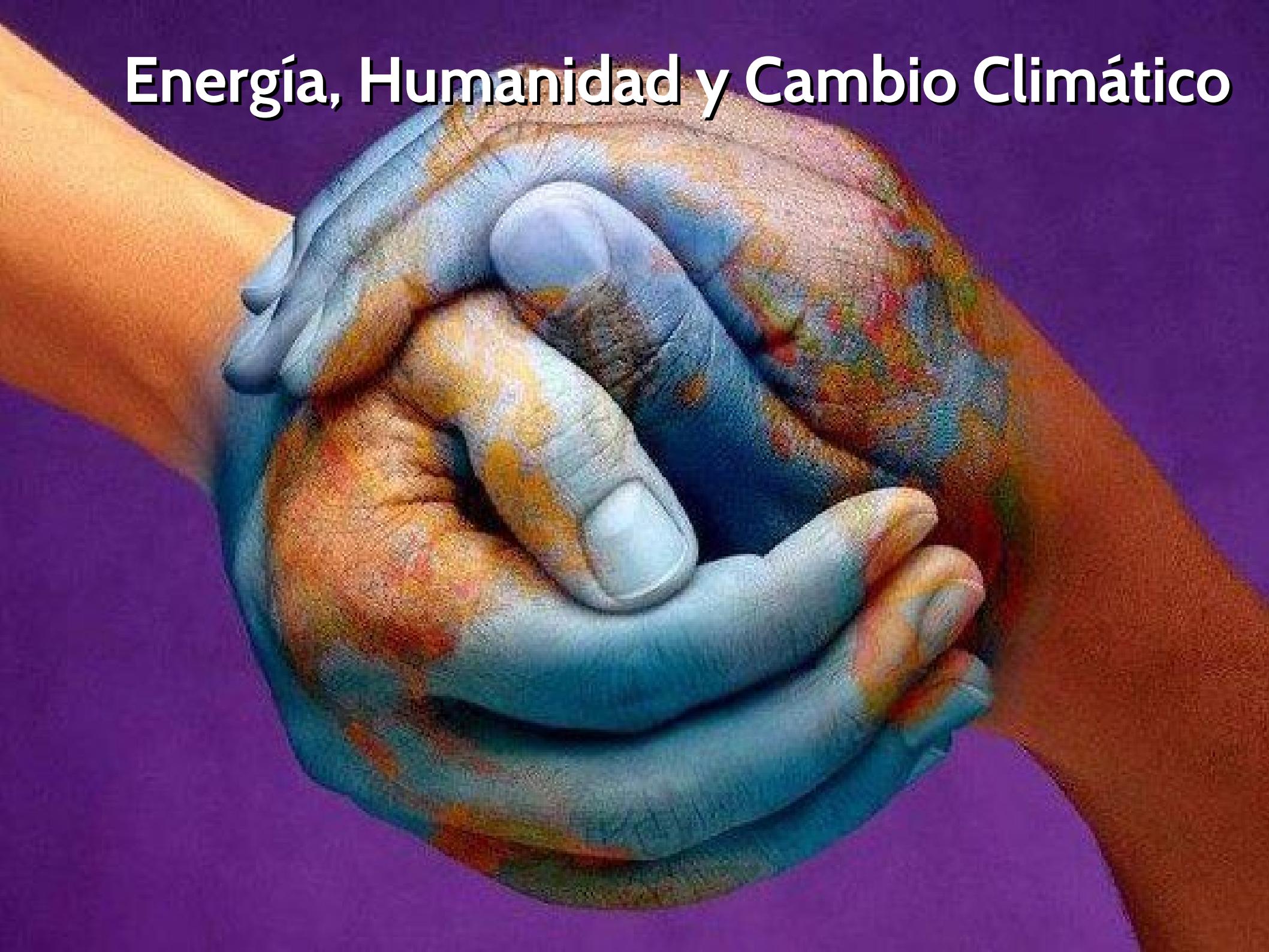


Entropía y desorden

- Describir el macroestado del sistema a partir de los microestados implica describir estos de manera individual, y **son iguales y equiprobables** ↔ **aleatoriedad**
- A mayor multiplicidad, **más cantidad de información es necesaria** para describir al macroestado ← **desorden**
- **mayor multiplicidad** ↔ **mayor entropía**
- Coloquialmente, se dice por esto que la entropía es una medida del desorden o de la aleatoriedad del sistema

$$S = k_B \ln \Omega$$

Energía, Humanidad y Cambio Climático



Un novelón en tres actos

- **Introducción**
 - “Nosotros y el Universo”
- **Nudo**
 - “Nuestra avidez por el consumo de energía”
- **Desenlace**
 - “Nuestro impacto cotidiano”



Y sí, somos el centro del Universo

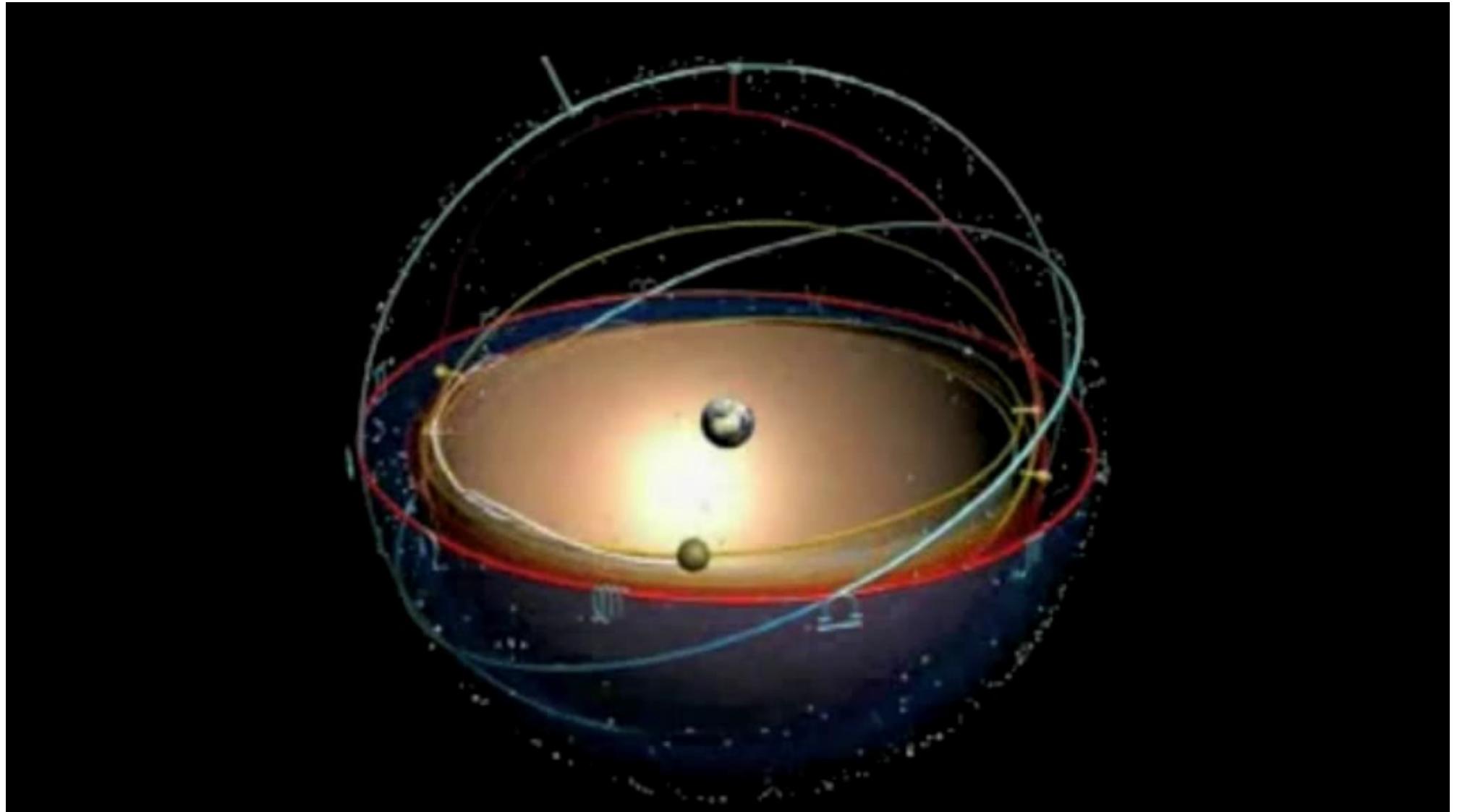


© Juan Carlos Casado (Tierra y Estrellas)

Los “revolucionarios” de siempre



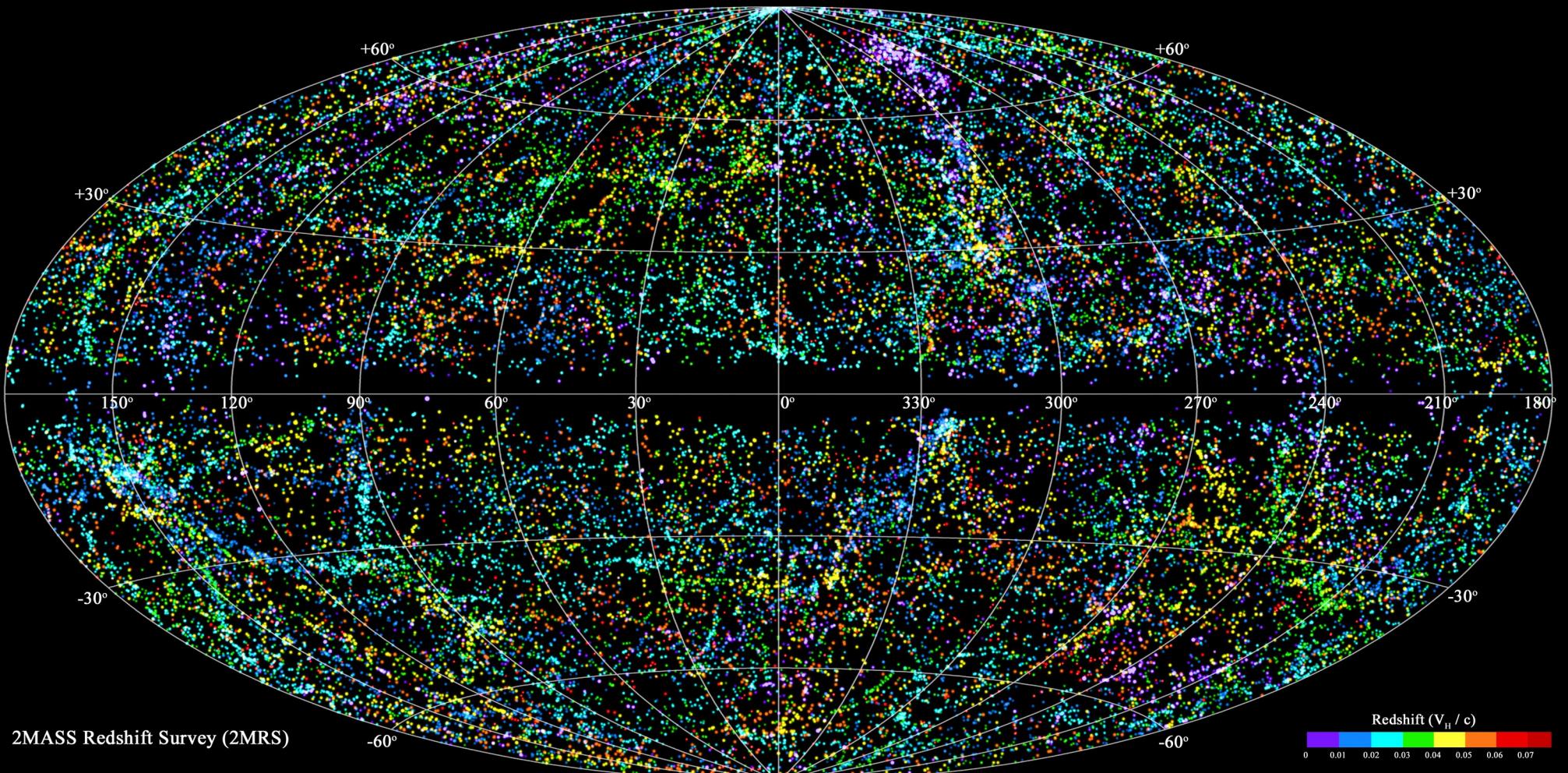
“El verdadero modelo de nuestro Universo”, Ptolomeo et al., Greek Journal of Astronomy and Astrophysics, Alexandria, (145ac)



El Universo, lleno de lugares comunes

Ultra Deep Star Field, Telescopio [redacted]

No somos nada

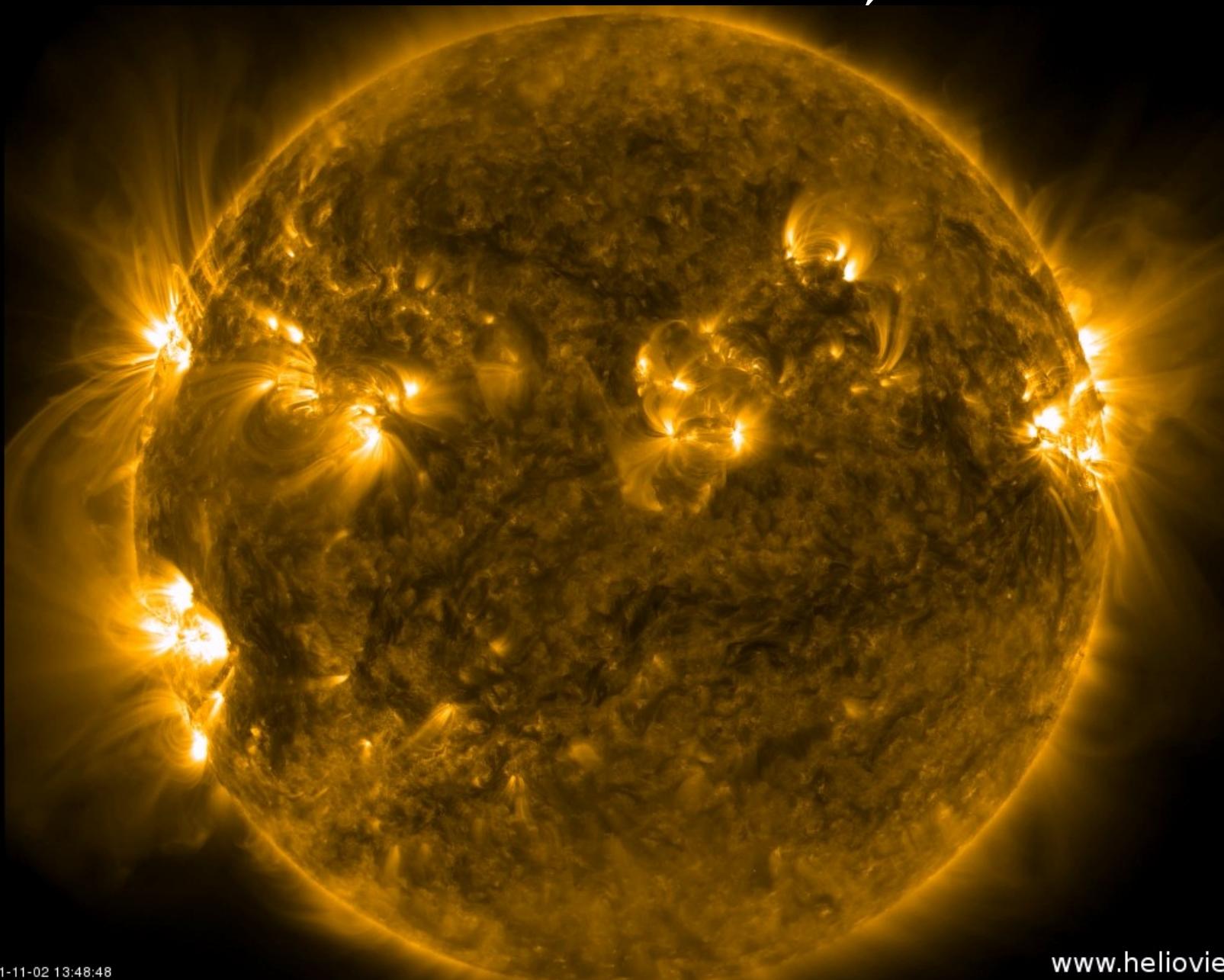


2MASS Surv

Nuestra galaxia, Vía Láctea, una más



El Sol, nuestra estrella



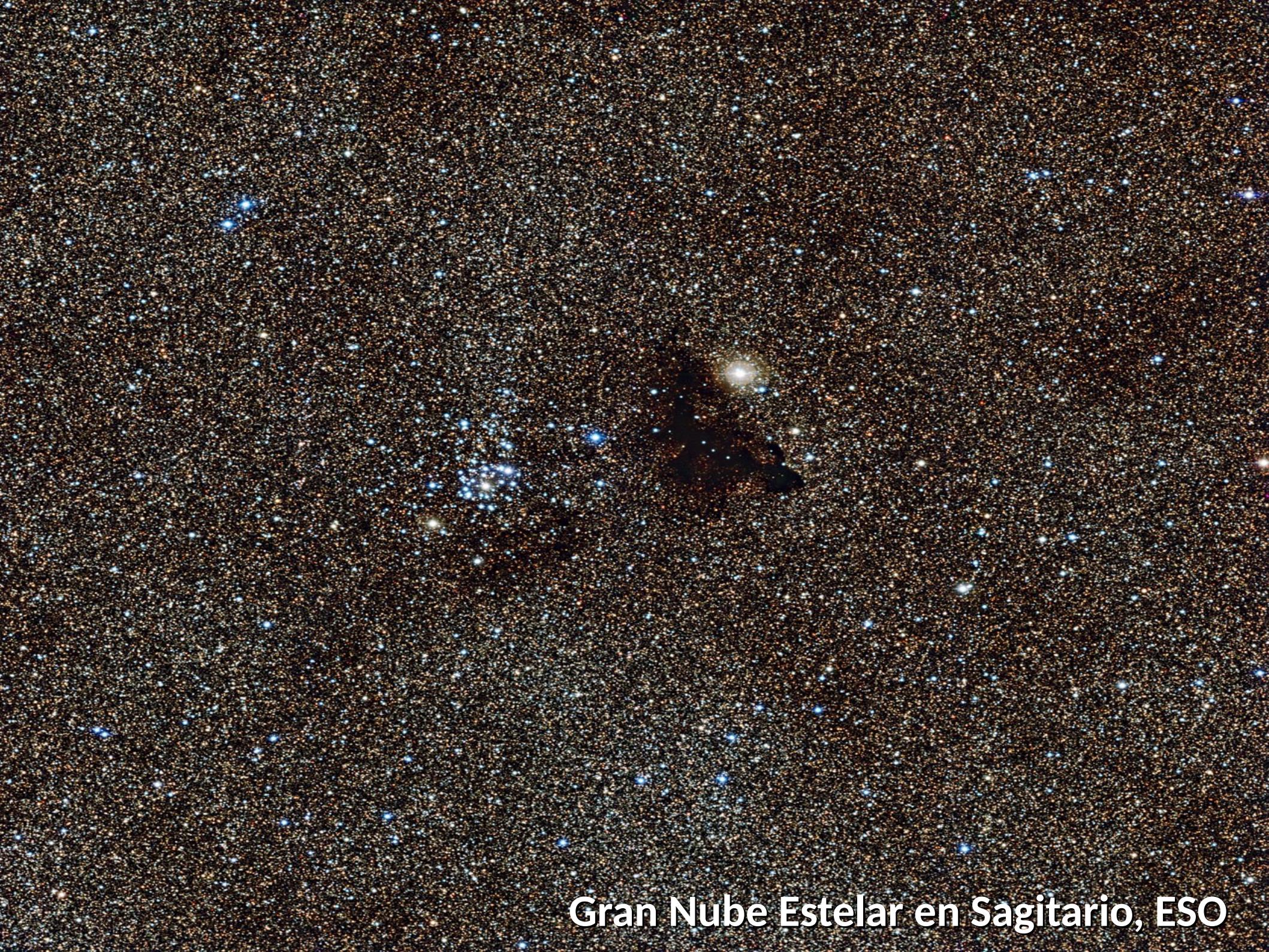
AIA 171

2011-11-02 13:48:48

www.helioviewer.org

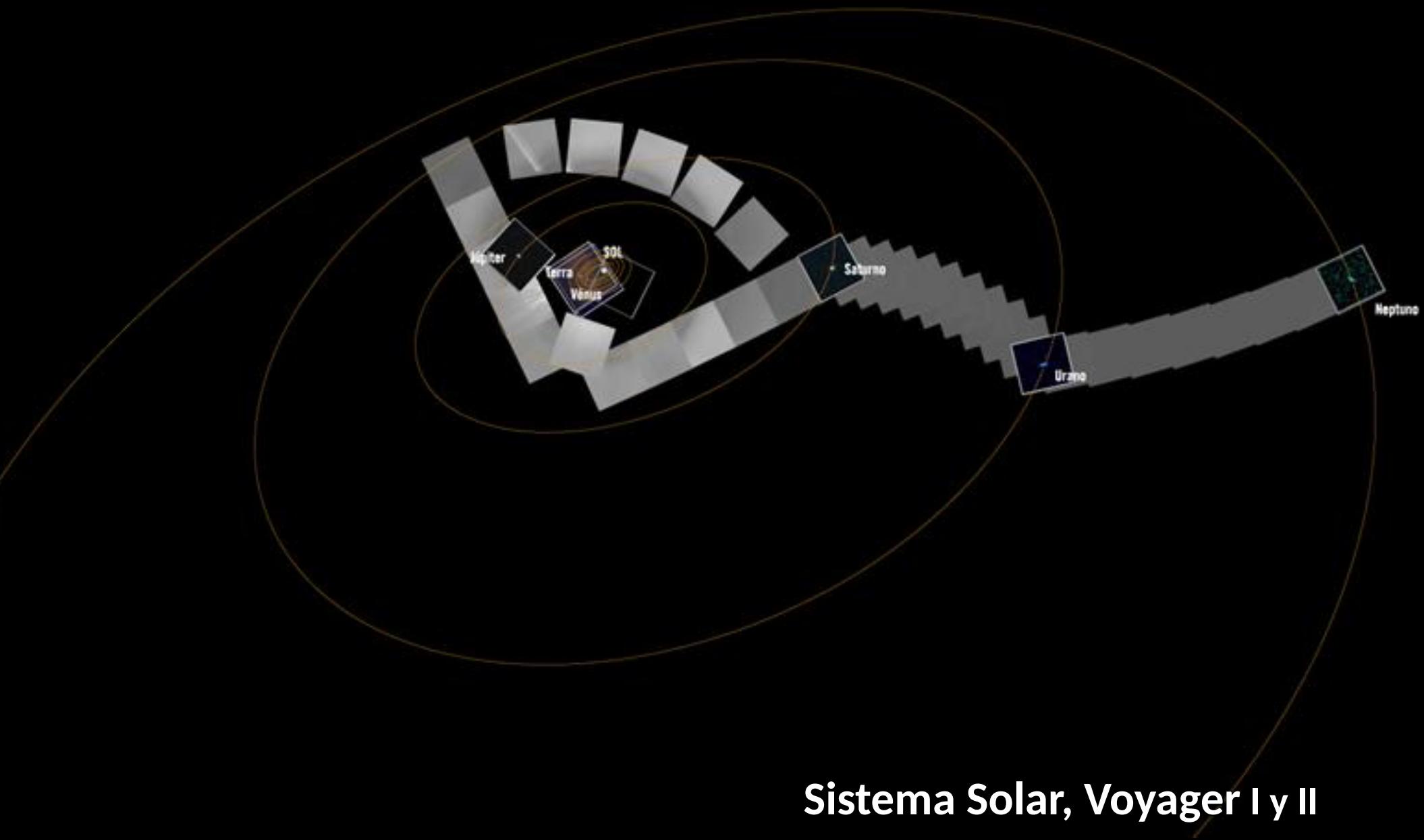


<http://helioviewer.org>



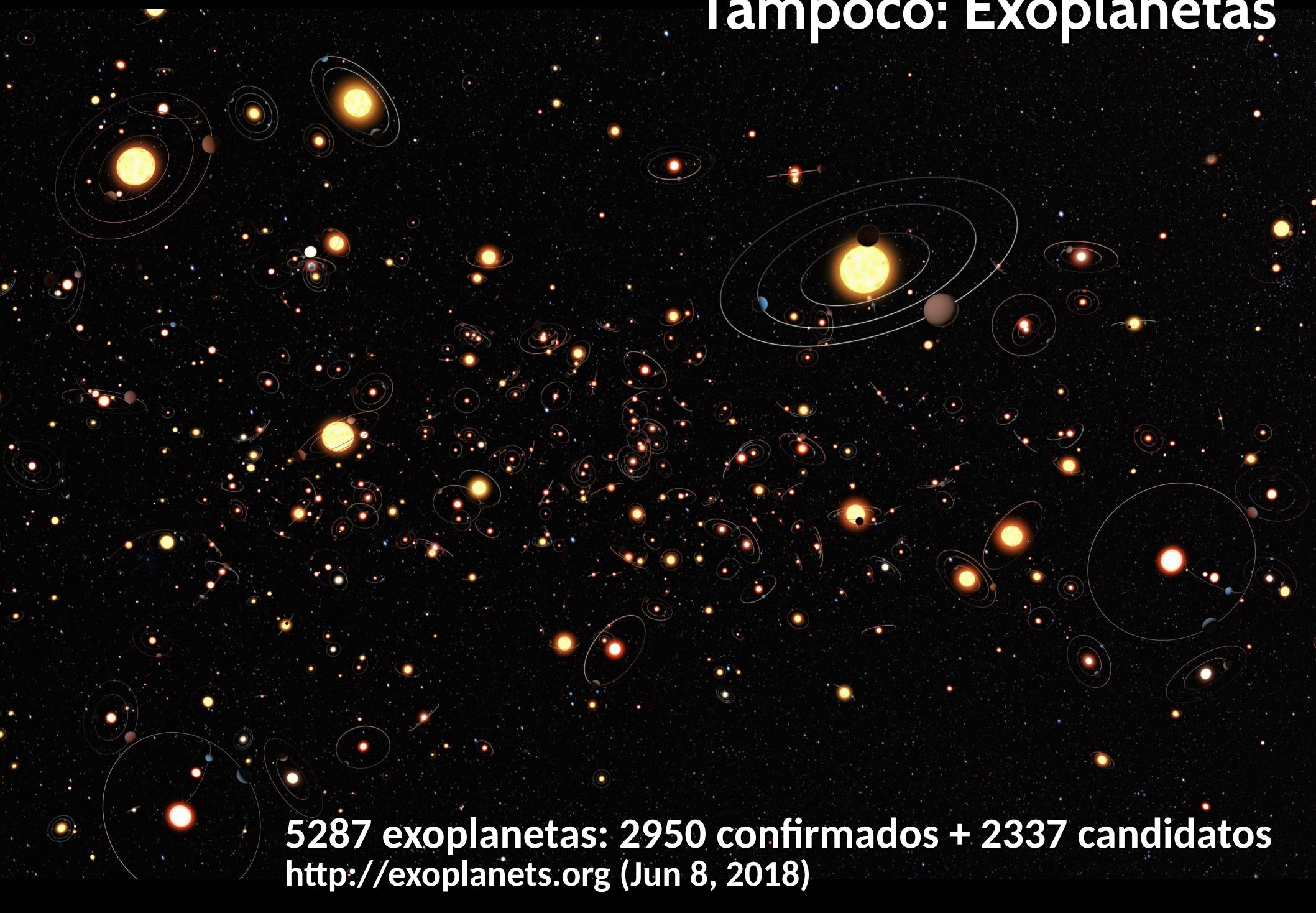
Gran Nube Estelar en Sagitario, ESO

Pero el Sistema Solar... ¿sí?



Sistema Solar, Voyager I y II

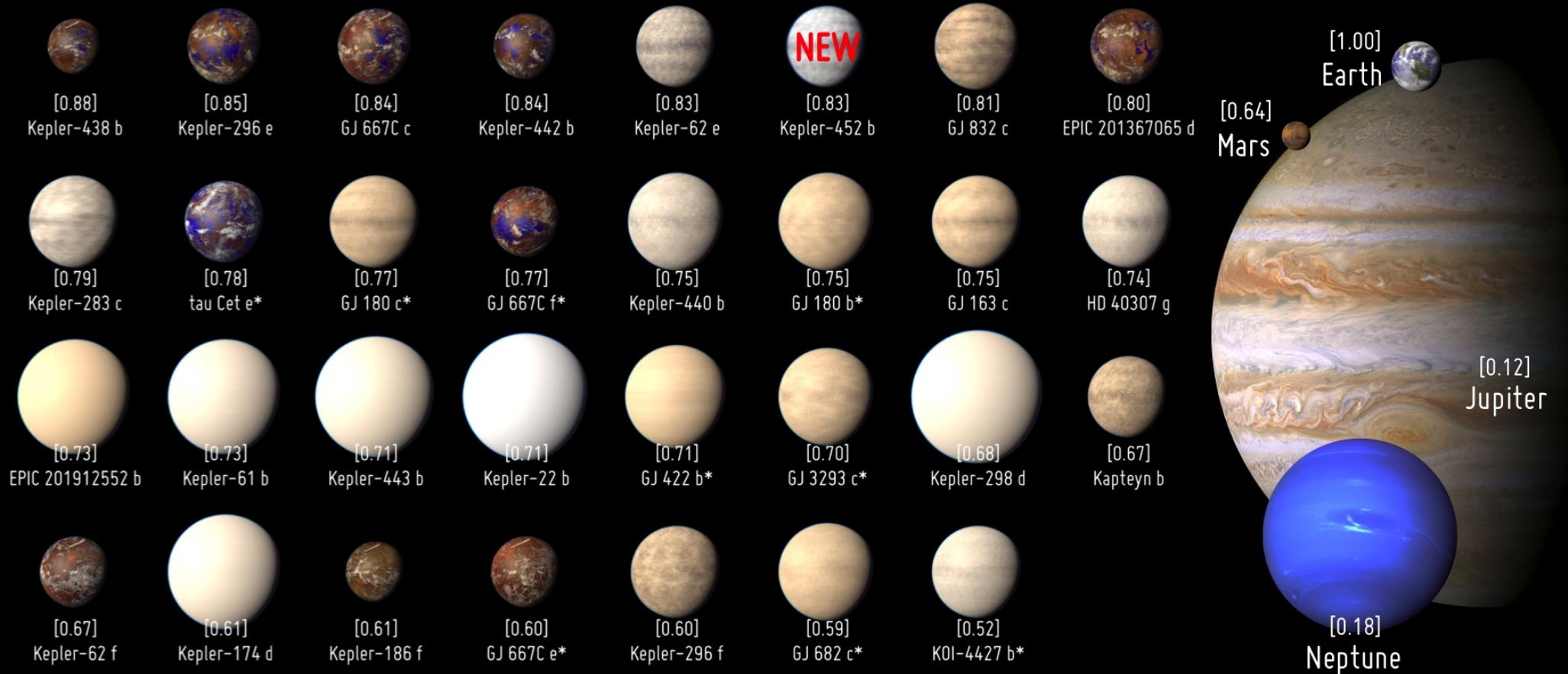
Tampoco: Exoplanetas



5287 exoplanetas: 2950 confirmados + 2337 candidatos
<http://exoplanets.org> (Jun 8, 2018)

Exoplanetas “habitables”

Sólo 53 exoplanetas son “potencialmente habitables”
(1 Sub-Tierra, 22 Simil-Tierras, 30 Super-Tierras)



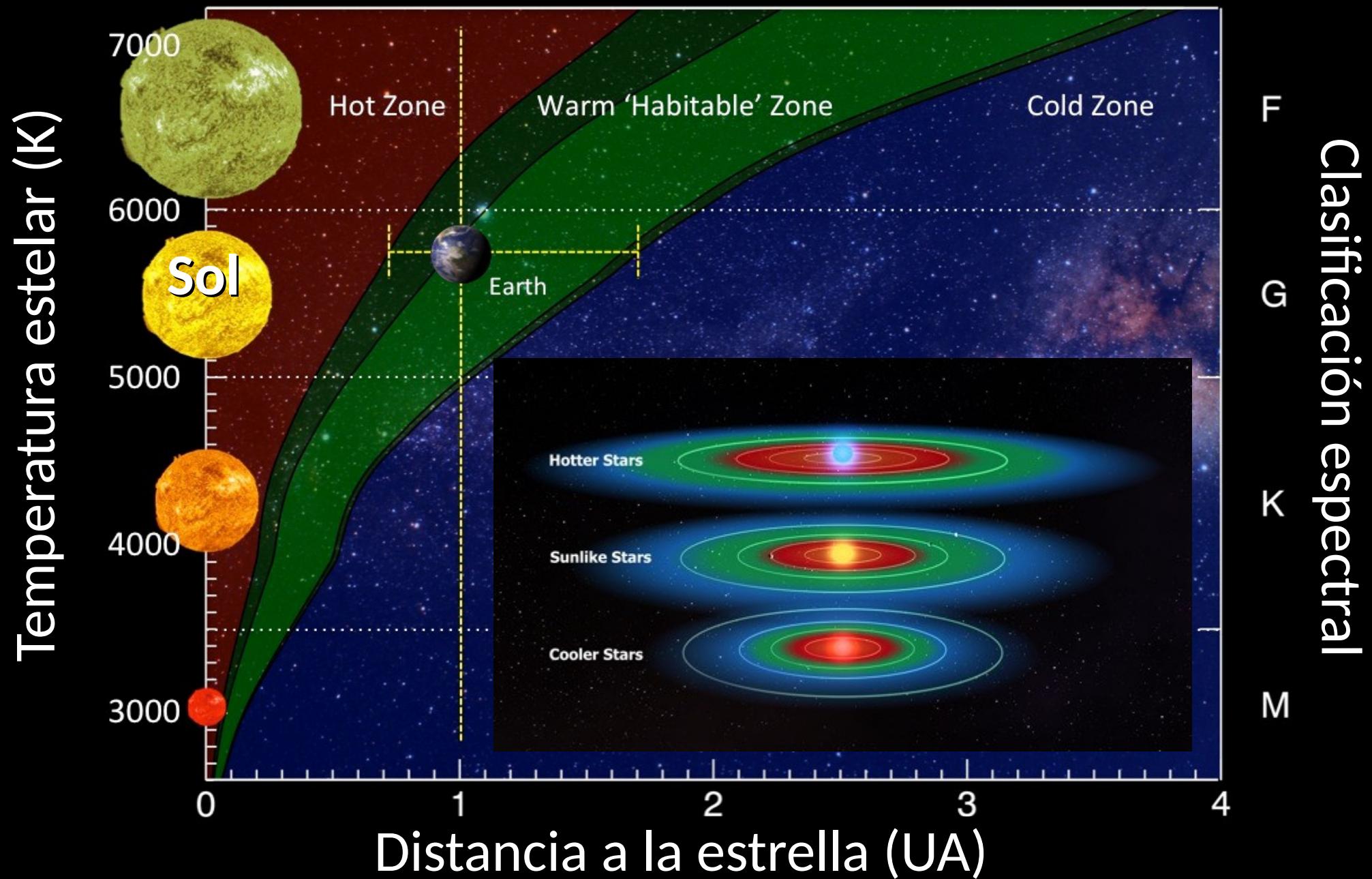
Artistic representations. Earth, Ma

Planetary Habitability Laboratory
Observatorio de Arecibo

<http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog>

HL @ UPR Arecibo (phl.upr.edu) July 23, 2015

Zona de habitabilidad



Un poco más cerca... Venus



LIBRARY.com/post/55776/

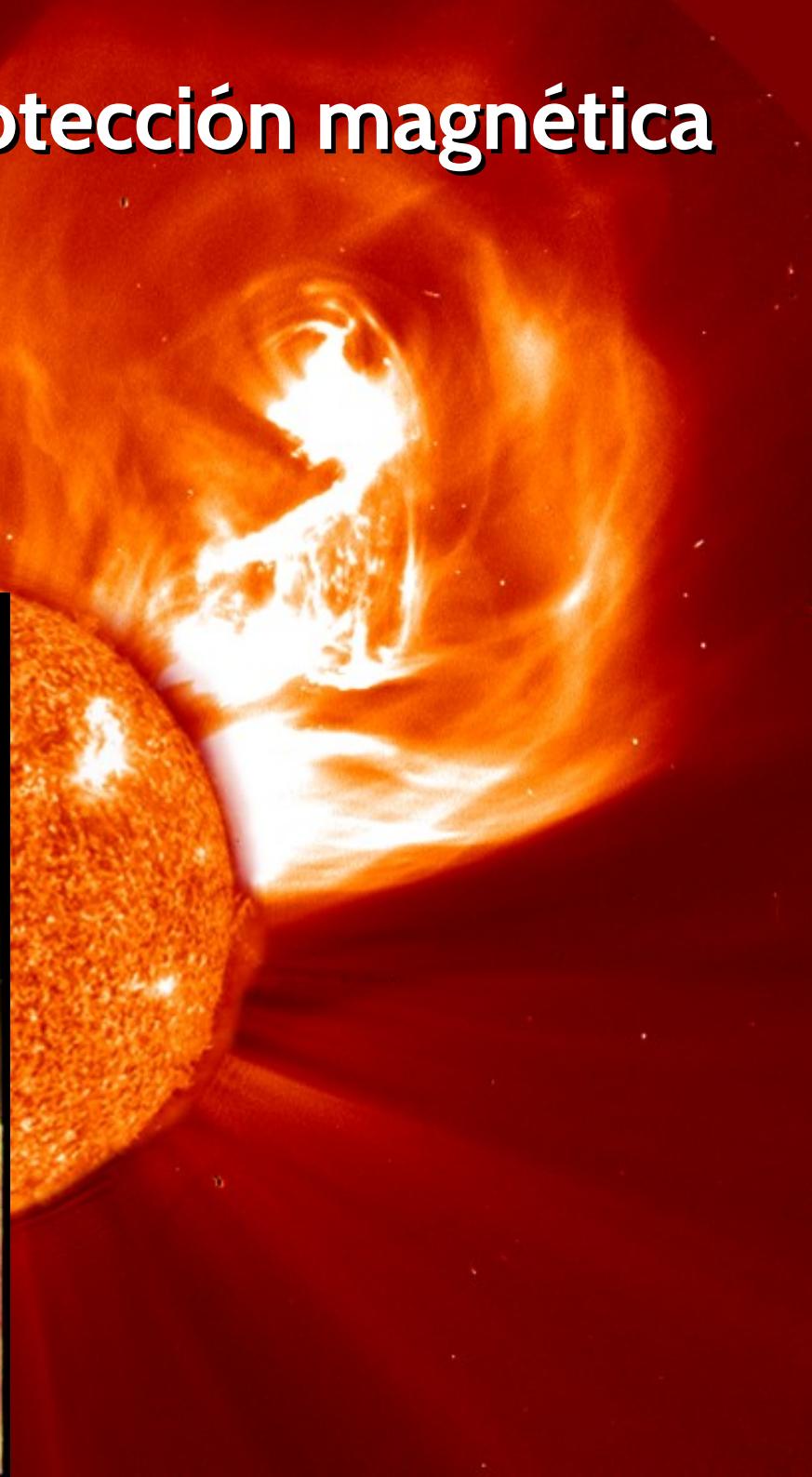
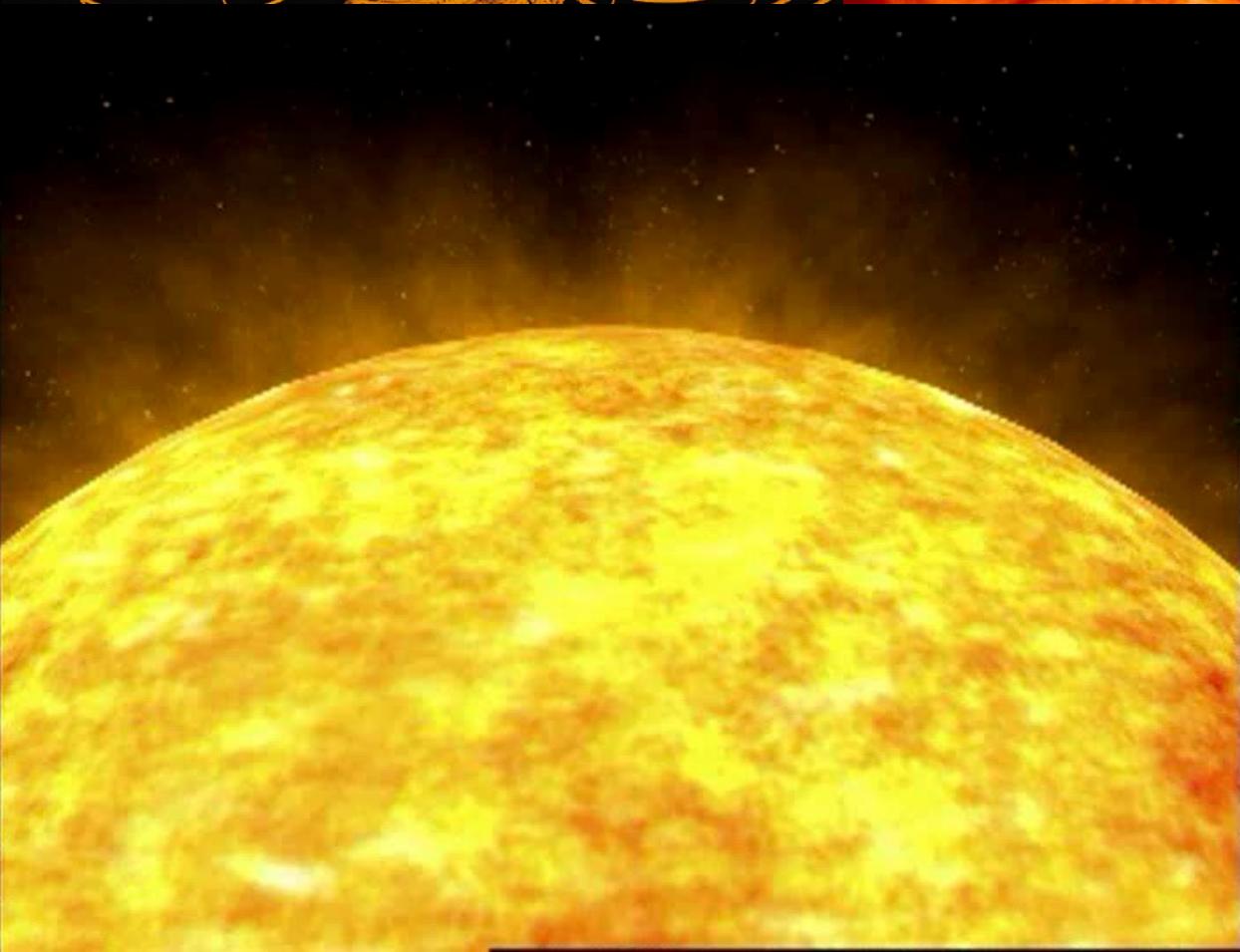
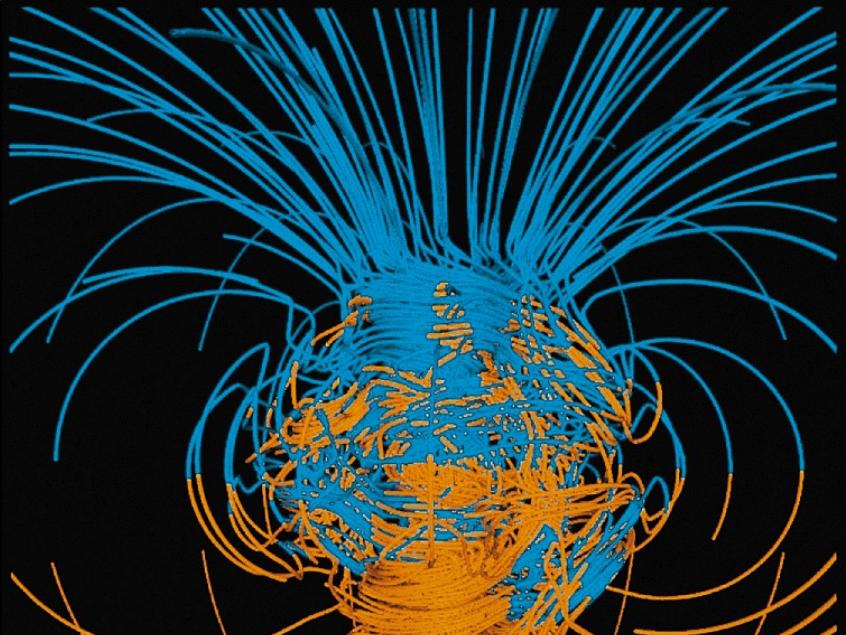
Fotos en color de la superficie de Venus, Venera 13 (URSS)

Un poco más lejos... Marte



Fotos en color de la superficie de Marte, Curiosity (NASA)

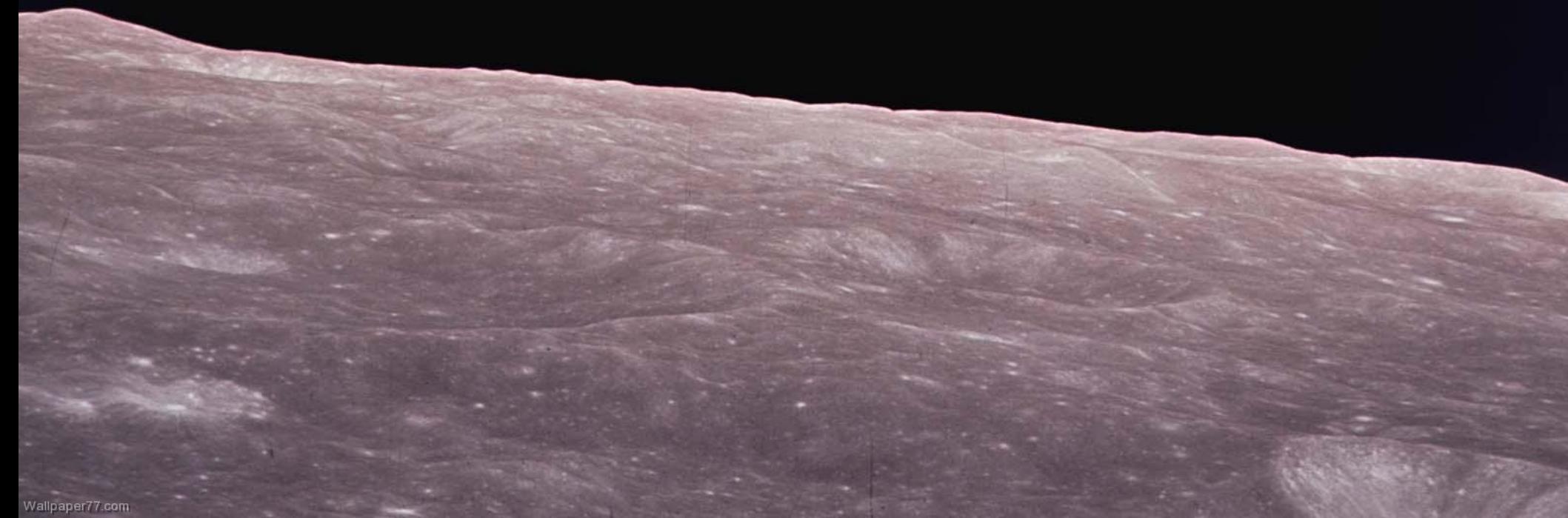
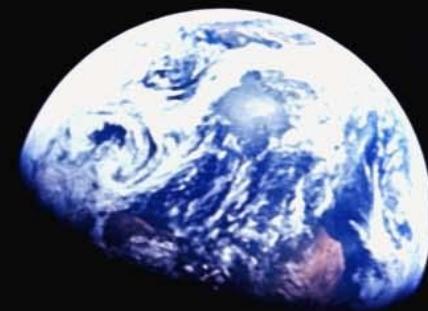
Protección magnética



Blindaje: 1 atmósfera=91 cm de plomo



Usted está aquí →



En el momento preciso y en el lugar indicado

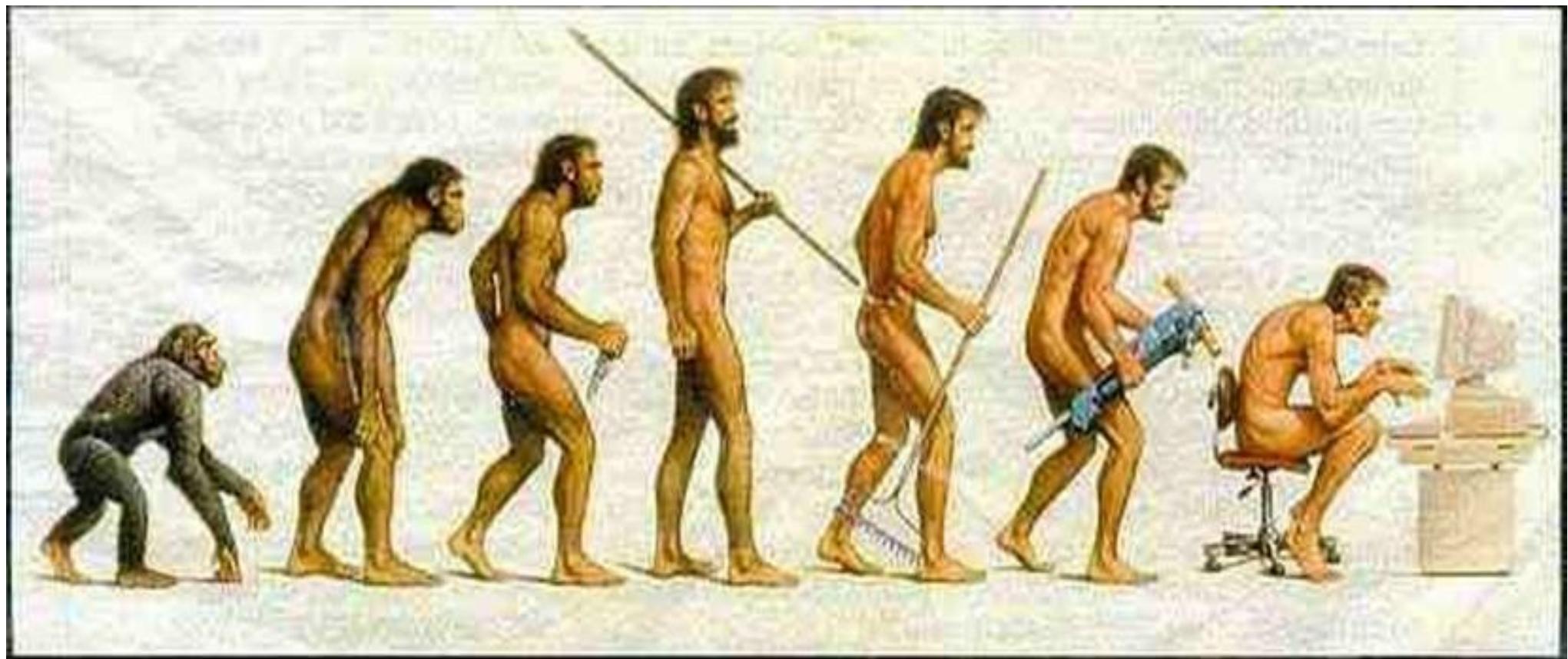


En el momento preciso y en el lugar indicado

A wide-angle photograph of a mountainous landscape during a sunset. The sky is filled with warm orange and yellow hues. In the foreground, there's a field of green grass dotted with small purple and red flowers. A winding river or path cuts through the valley between the mountains. The mountains themselves are covered in dense forests of green trees, with some patches of snow or ice visible on their peaks. The overall atmosphere is serene and natural.

Biósfera

Hace cien mil años, aparece un nuevo actor



Con una avidez infinita de energía

¡¡ENERGÍA INFINITA!!



Lamentablemente,
esto no funciona

Maldita Termodinámica, siempre arruinando todo...

Consumo de energía de subsistencia

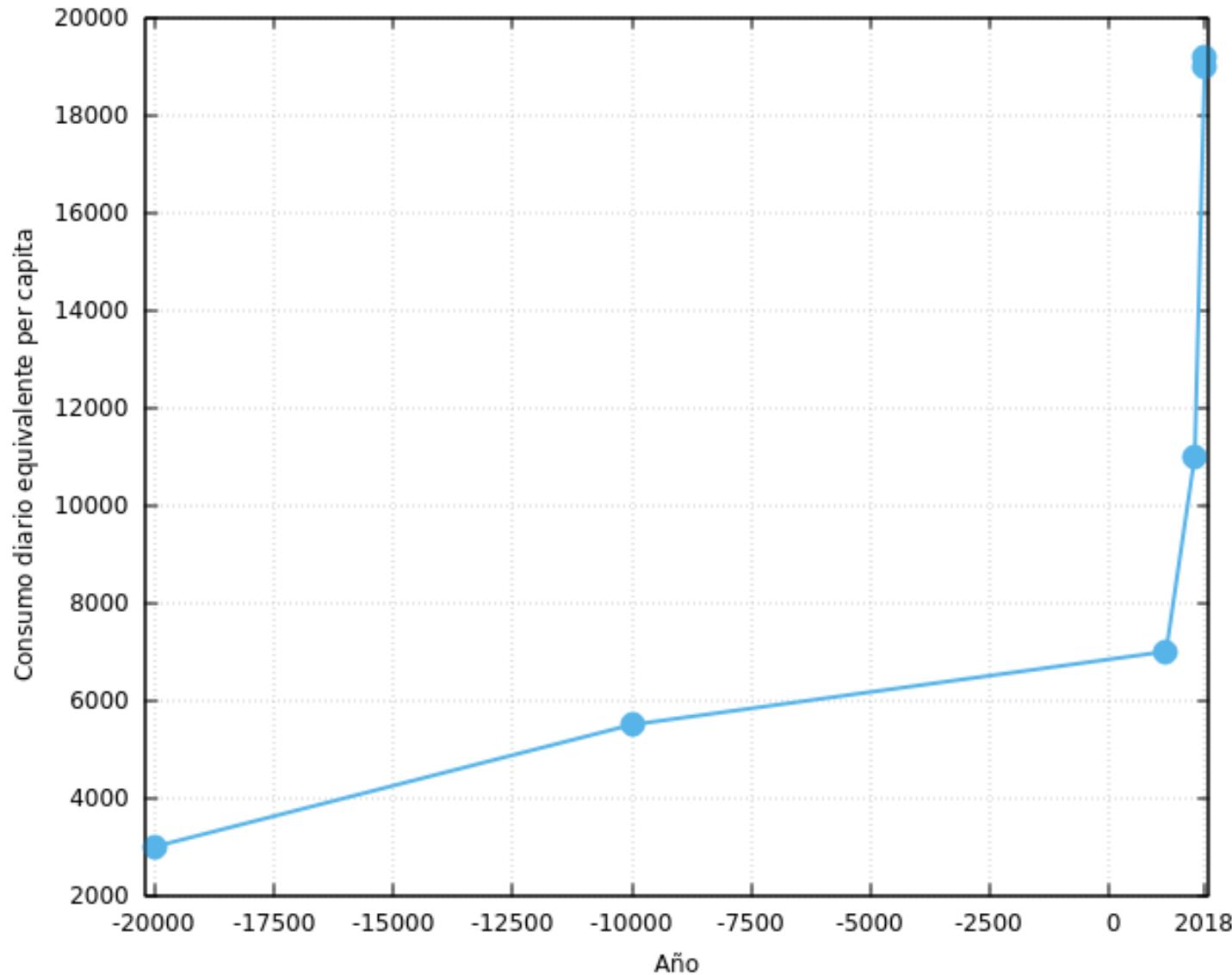
- Metabolismo basal = 2000 kcal diarias
 - 50% Metabolismo celular
 - 40% Síntesis molecular, especialmente proteínas
 - 10% Trabajo mecánico interno (respiración, etc)
- Usted necesita trabajar para procurarse esas 2000 kcal diarias, pongamos otras 1000 kcal
- Consumo total diario: 3000 kcal



Uso diario de energía per capita

- 20000 aC: 3000 kcal diarias por persona
 - Ingesta de subsistencia
- 10000 aC: 5500 kcal diarias por persona
 - Agricultura: animales
- 1200 dC: 7000 kcal diarias por persona
 - Máquinas sencillas
- 1800 dC: 11000 kcal diarias por persona
 - Revolución industrial: Máquinas térmicas
- 2018 dC: 19200 kcal diarias por persona
 - Sociedad industrial

Los datos valen más que mil palabras





Pregunta

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

¿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 2017, BP, <http://bit.ly/193S5Fs>

5.5×10^{16} kcal

(55.000.000.000.000.000 kcal)

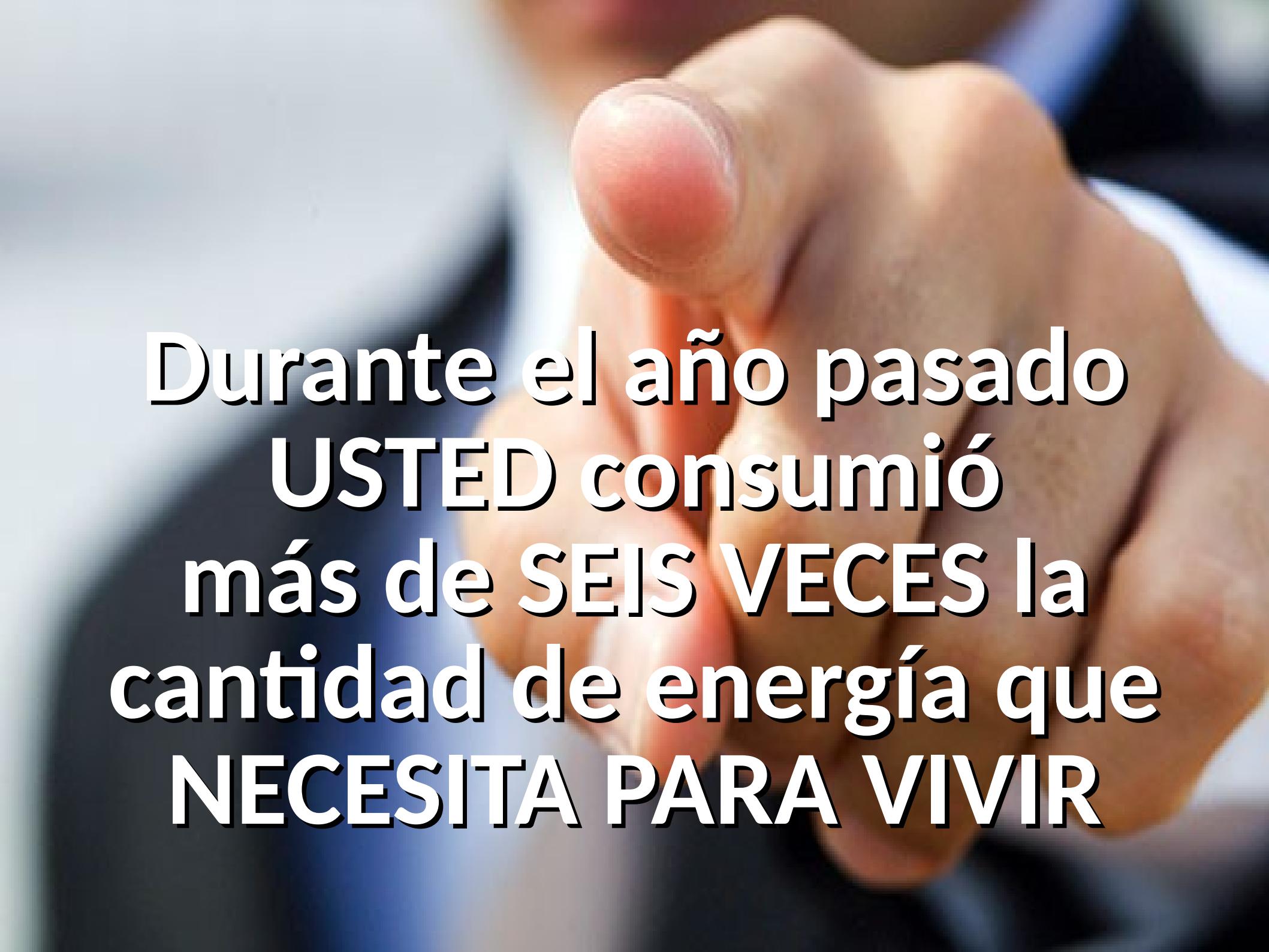
(Año 2016, +1.5% respecto a 2015)

Se podría mantener a 45.000 millones de personas con esta energía

Fuente: Indicadores sobre Desarrollo Humano, ONU

Hay $\sim 10^{17}$ granos de arena en las playas
Hay $\sim 10^{17}$ m³ de agua en el Pacífico





**Durante el año pasado
USTED consumió
más de SEIS VECES la
cantidad de energía que
NECESITA PARA VIVIR**

**Yo te aseguro que yo no fui...
yo te lo juro que yo no fui...**





¿Yo no fui?

Jupiter



A photograph taken from the International Space Station at night. The Earth's horizon is visible, showing a bright band of city lights from North America. Above the horizon, the aurora borealis (Northern Lights) is visible in vibrant green and yellow arcs against the dark void of space. A few stars are scattered across the dark sky.

¿Yo no fui?

Consumo de energía y desarrollo

Corea
del Norte

Corea
del Sur

Japón

Consumo de energía y desarrollo

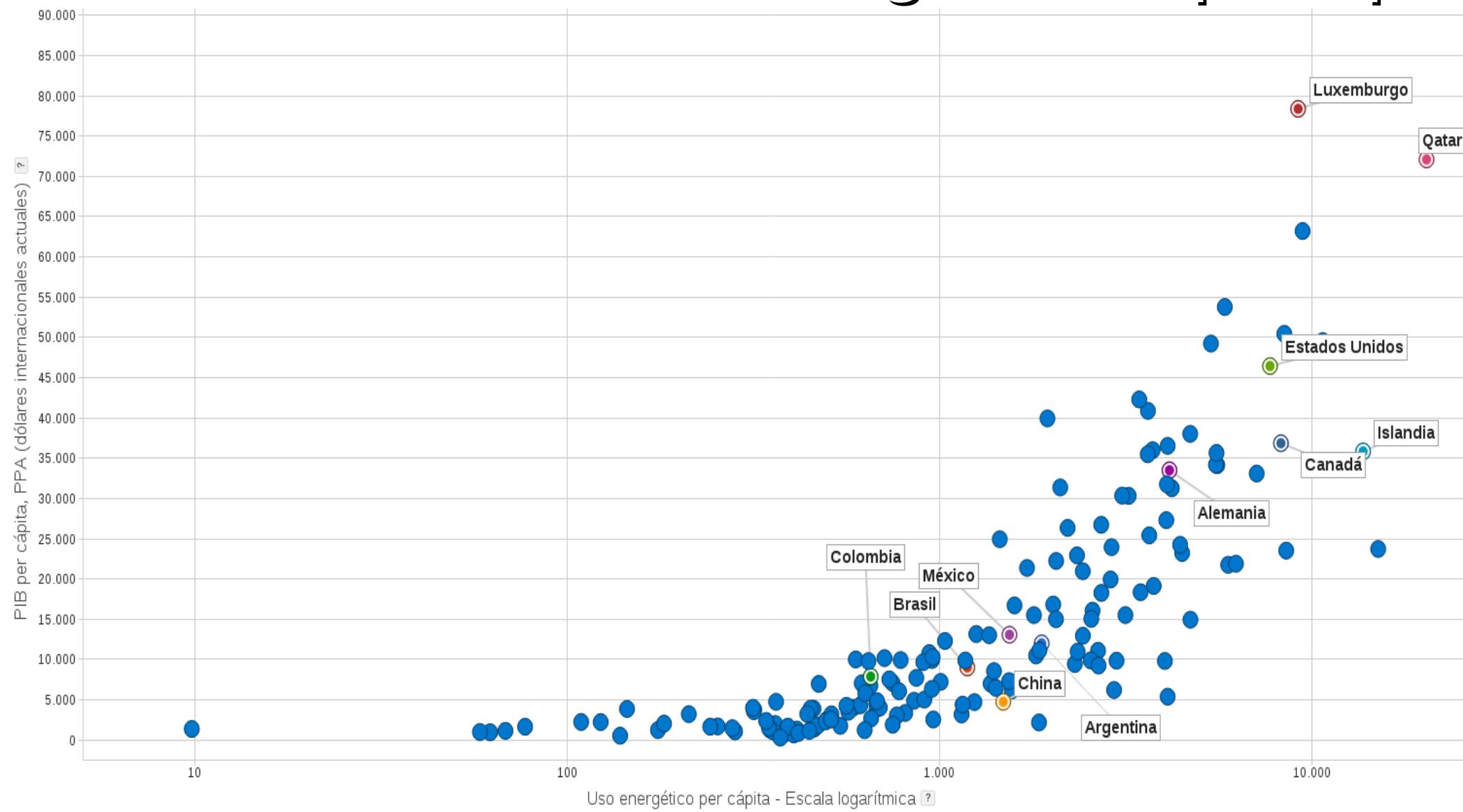
A satellite night map of East Asia, showing city lights as yellow and white dots against a dark blue background. The map includes parts of China, Korea, and Japan. The title 'Consumo de energía y desarrollo' is at the top, and country names are labeled in the center.

Corea
del Norte

Corea
del Sur

Japón

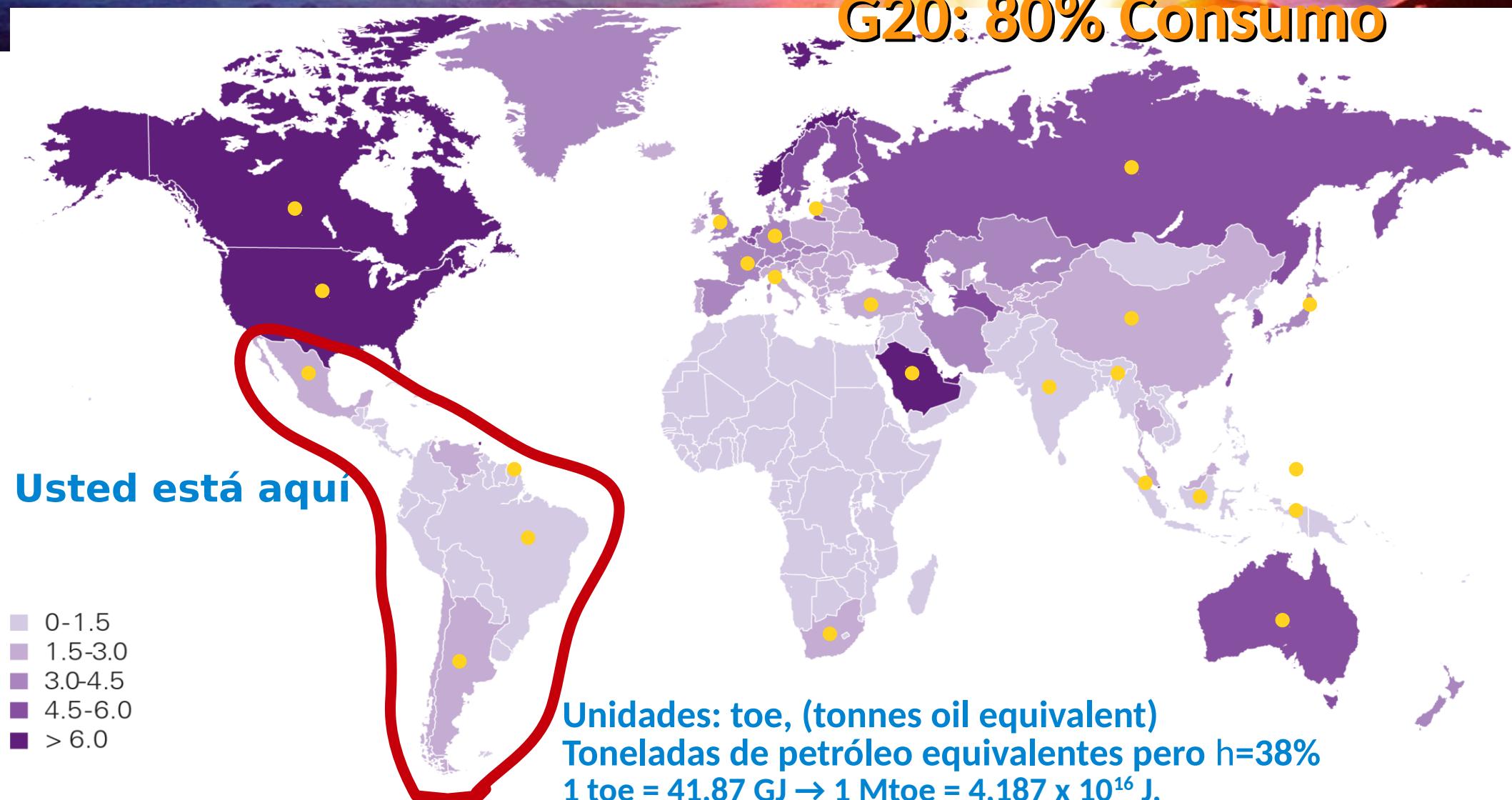
(Consumo de Energía vs PIB) per capita



Fuente: Banco Mundial, vía Google,
H. Asorey - F3B+ F4A 2018
<http://goo.gl/qwsKka>

Distribución del consumo per capita (2012)

G20: 80% Consumo



Fuente: Statistical Review of World Energy 2013, BP

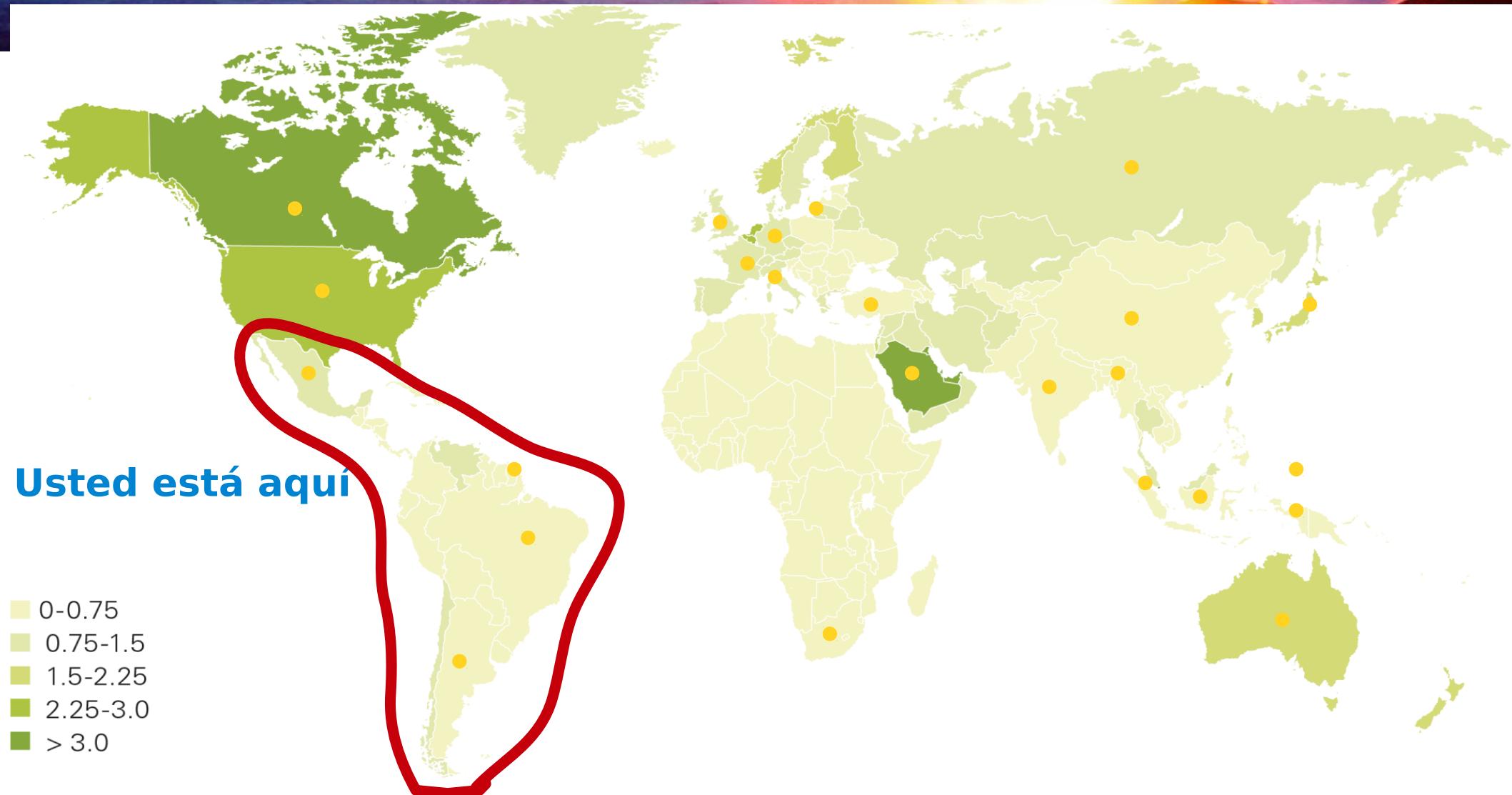
<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical-review-of-world-energy-2013.html>

Jun 14, 2018

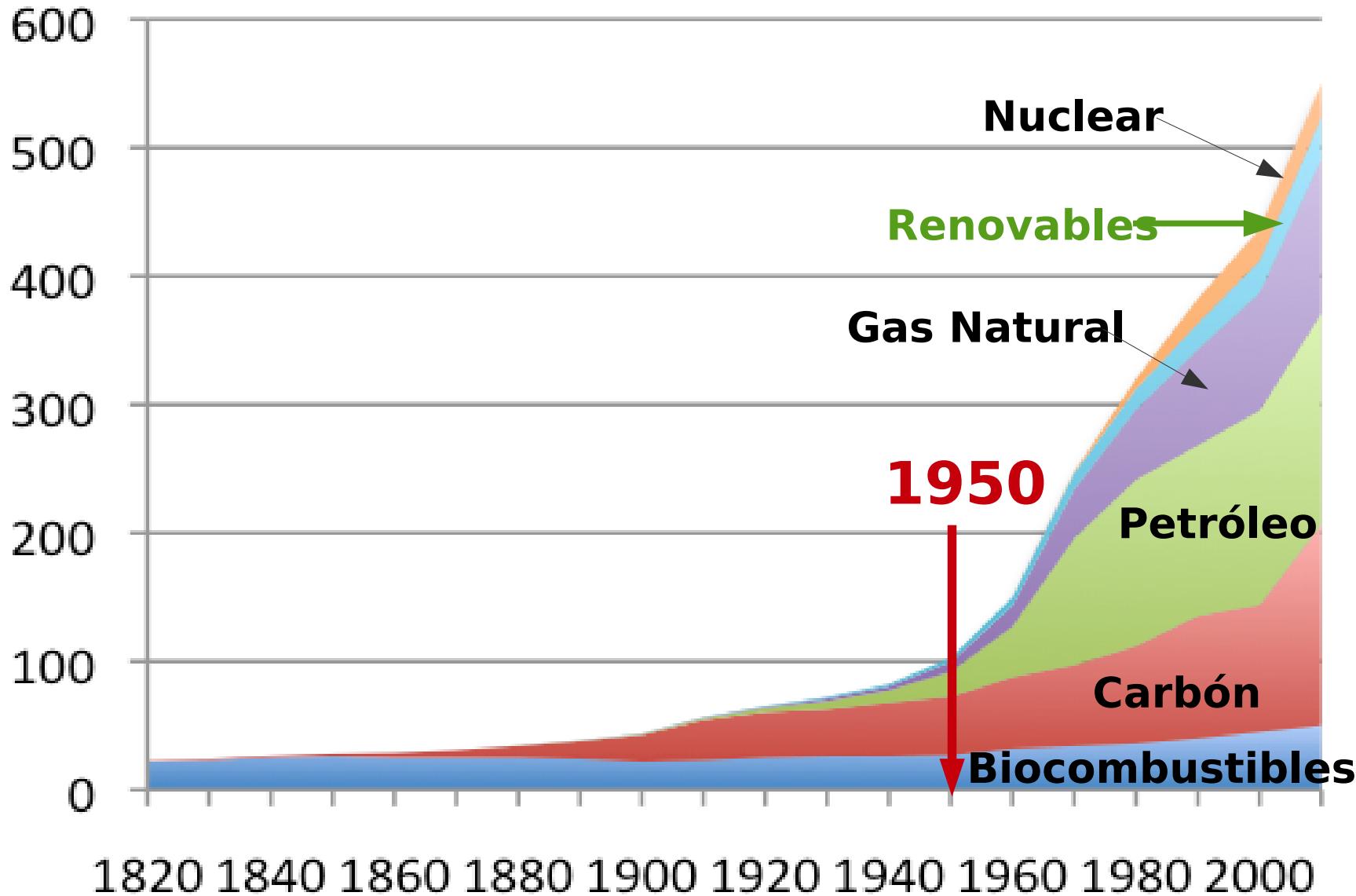
H. Asorey - F3B+F4A 2018

47/53

Consumo de Petróleo per capita (ton)

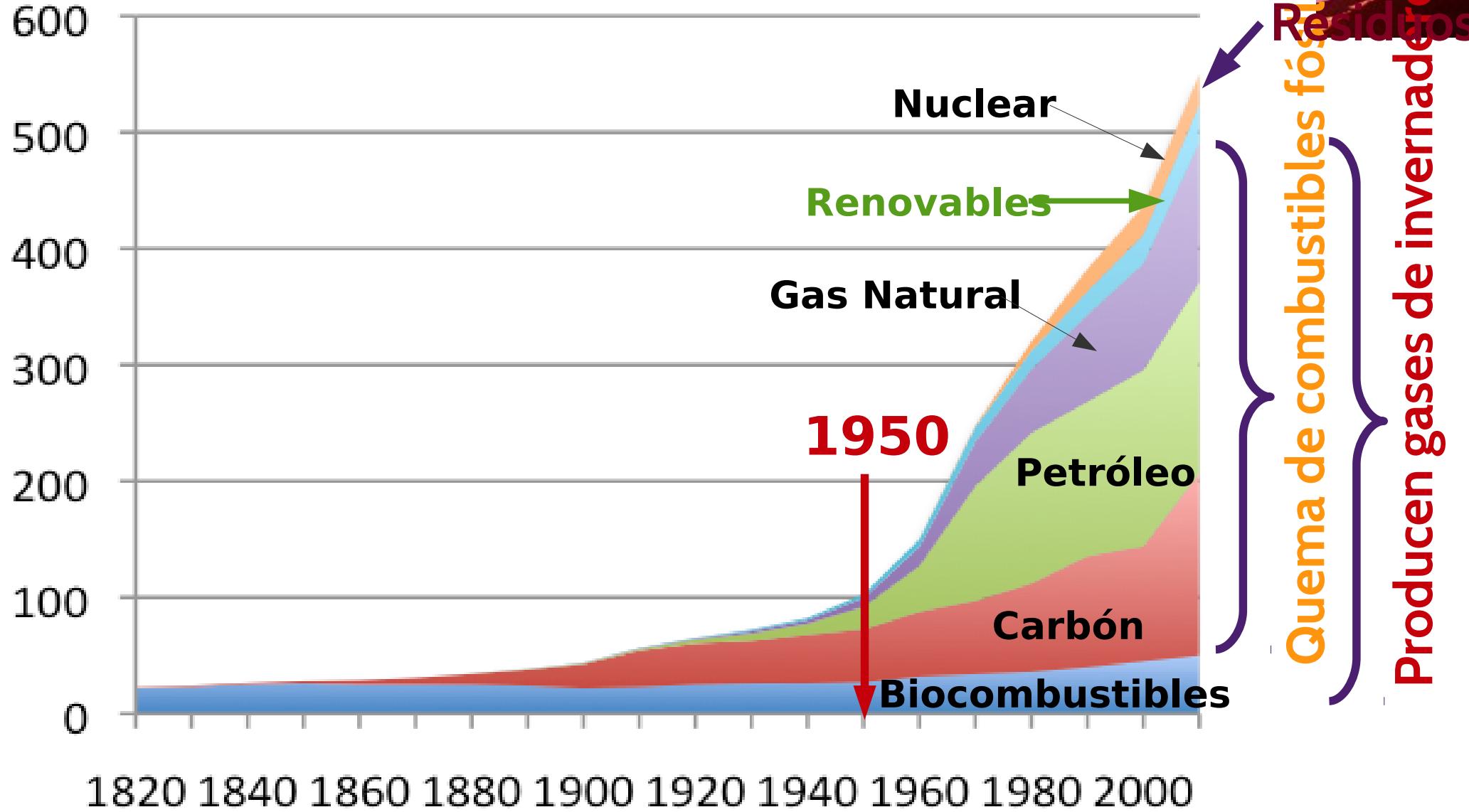


Demanda anual de energía ($\times 10^{18}$ J)



Fuente: BP Statistical Data

Demanda anual de energía ($\times 10^{18}$ J)

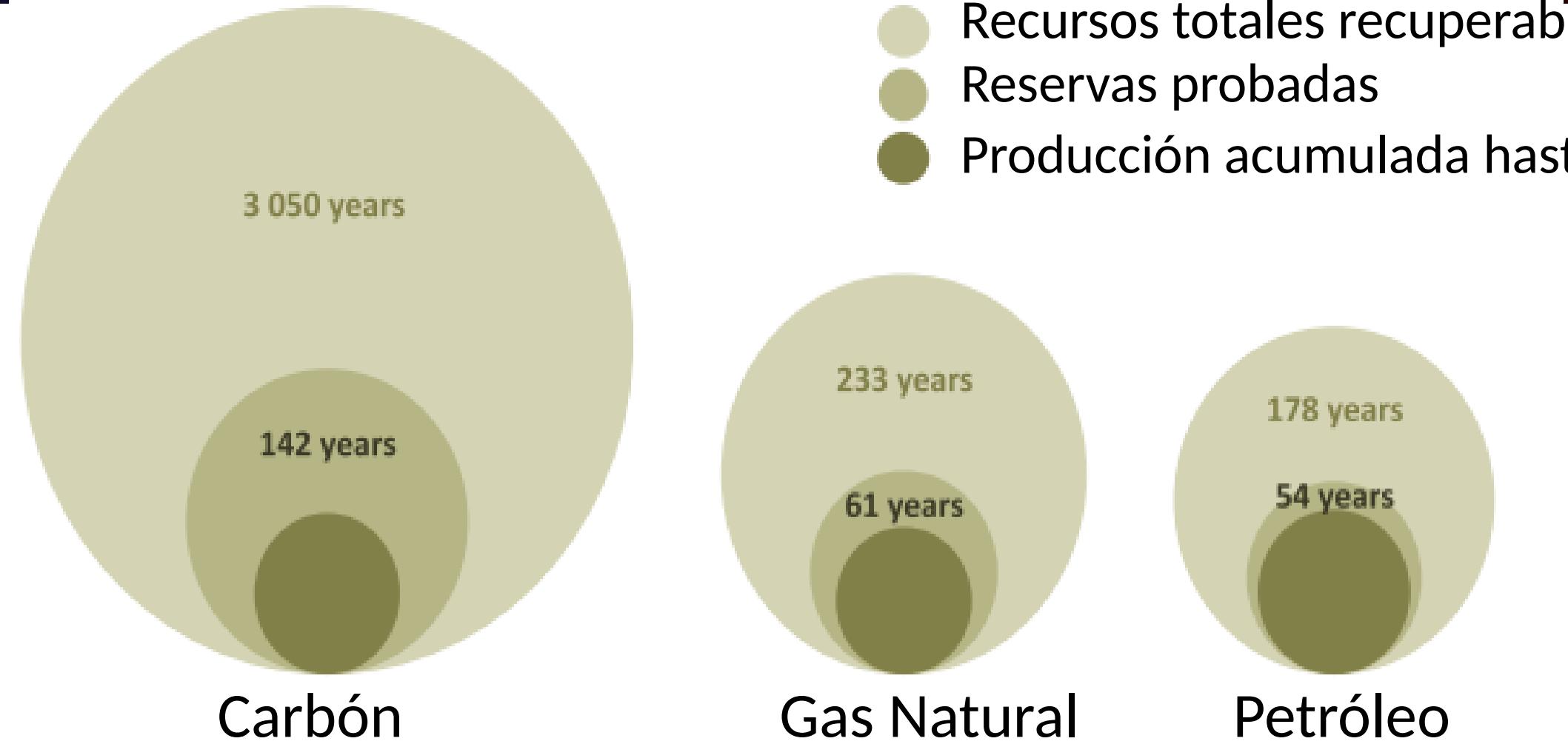


Fuente: BP Statistical Data



Cuando yo era chico, quedaban 40 años de petróleo

Cuando yo era chico, quedaban 40 años de petróleo



Fuente: OPEC, vía <http://goo.gl/q3Oz3Y>

Según pasan los años...

