



**Universalidad de la Biología:
Biomarcadores Químicos y Físicos**

**Julian Chela-Flores,
The Abdus Salam ICTP, Trieste, Italia
e
Instituto de Estudios Avanzados,
Caracas,
República Bolivariana de Venezuela**

El trabajo de investigación ha sido llevado a cabo con la colaboración de:

Andrés Cicuttin, María Liz Crespo and Claudio Tuniz

MLab, The Abdus Salam ICTP, Trieste, Italia,

Narendra Kumar

Bangalore Institute, India

y

Joseph Seckbach

Hebrew University of Jerusalem, Israel.

Referencias

La bibliografía puede ser consultada cómodamente después de la presentación descargándola de:

- **Google:**

Chela-Flores, Página Académica

(ver: “Recent talks, conference participation and collaborations”).

Para mayor información:

WIKIPEDIA: http://en.wikipedia.org/wiki/Julian_Chela-Flores

- ◆ Comienzo mi presentación introduciendo el Centro de la UNESCO donde trabajo desde 1990.



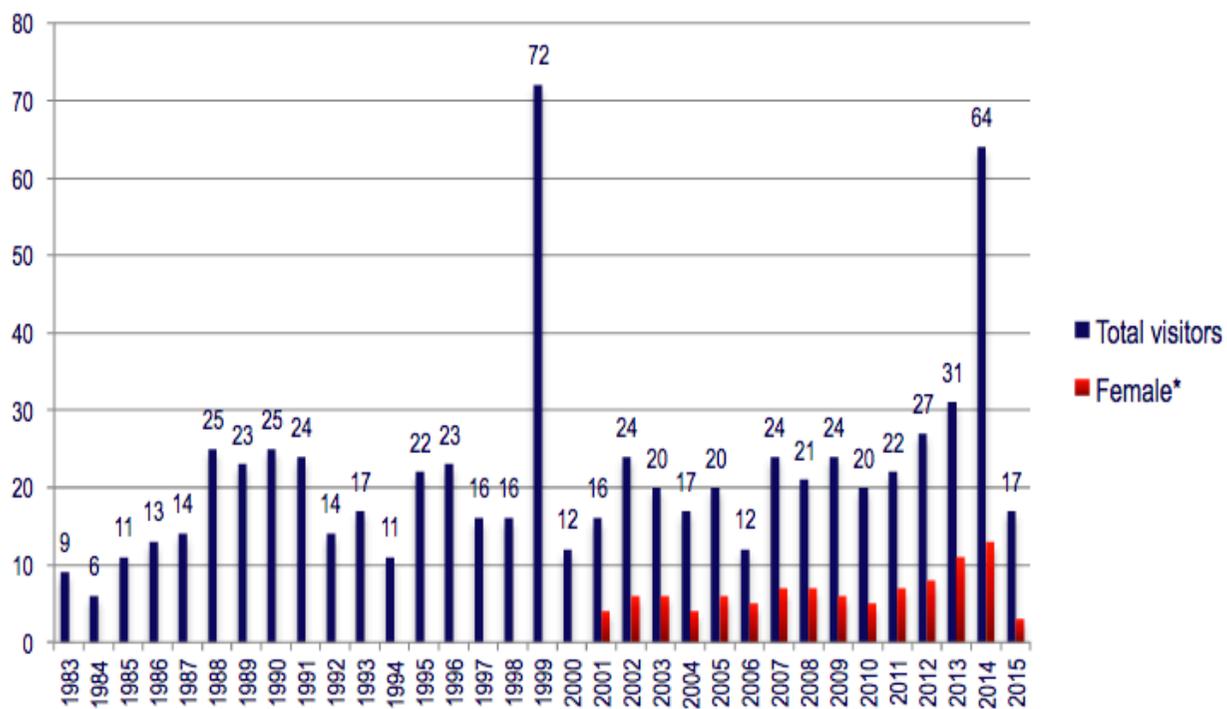
The Abdus Salam
International Centre
for Theoretical Physics



Focus on Venezuela

Summary of ICTP activities
in support of science in
the Bolivarian Republic of Venezuela

ICTP Visitors from Venezuela, 1983-2015



*Yearly totals not available before 1983.

**Data on female visitors not available before 2001.

Visitors Summary as of 2015

- ▶ Scientific visitors from Venezuela
 - 790 (1970-2015)
 - 98 women since 2001 (27%)
- ▶ Venezuelan participation in ICTP Programmes
 - 14 Affiliates (from 1 Federated Institute)
 - 22 Associate Members (5 female)
 - 16 Postgraduate Diploma Students
 - 5 TRIL Fellows
 - 1 STEP Fellow
- ▶ In addition
 - 13 OEA Scientific Meetings
 - 3 OEA Visiting Scholars

Satélites para el desarrollo y su relación con la astrobiología



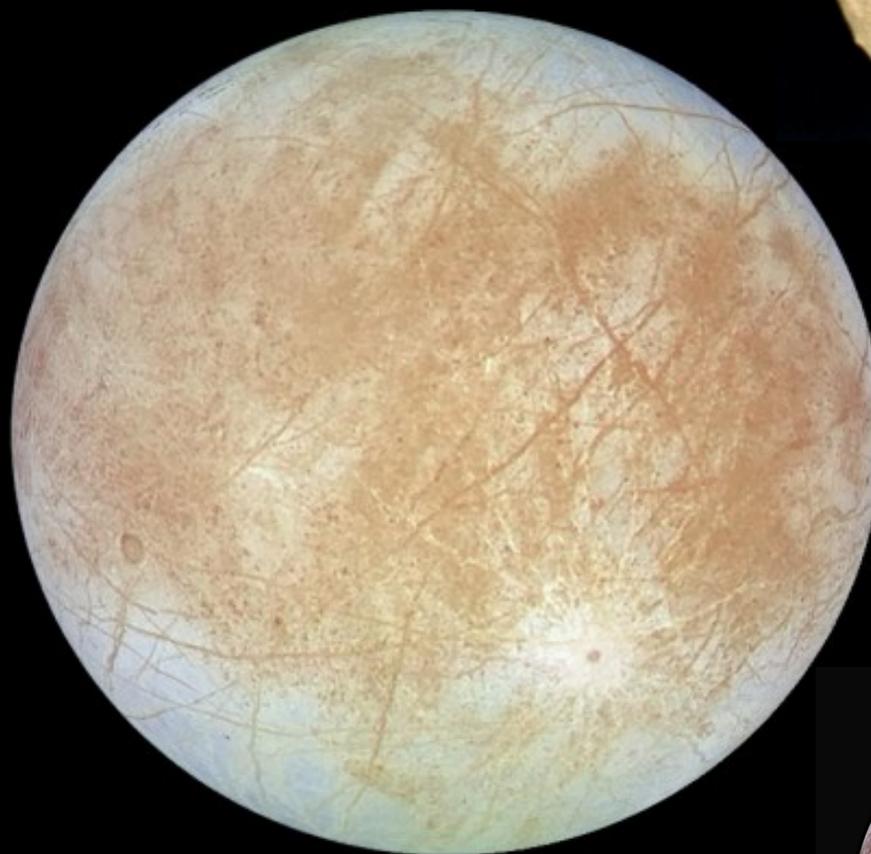
- Los satélites artificiales en baja órbita (como el VRSS-1) han sido el producto del empeño preliminar de las naciones en la exploración de nuestro Sistema Solar, a partir del Sputnik-1 en 1957.
- Satélites artificiales han entrado en órbita alrededor de la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno, asteroides y el Sol. Consideraremos varios ejemplos más allá de las bajas órbitas terrestres :
 - (i) La sondas de Galileo y JUICE (en órbita de Júpiter)
 - (ii) La mision Kepler (órbita solar)
 - (iii) La Misión Gaia (órbita solar).



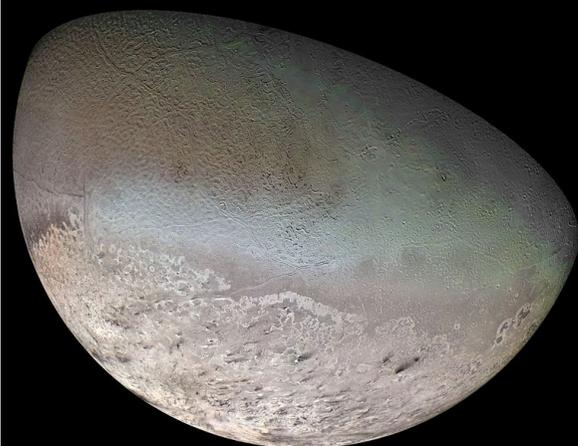
En Antártida hay situaciones análogas a las superficies heladas de satélites naturales del Sistema Solar exterior y de Plutón



Oberón



Europa



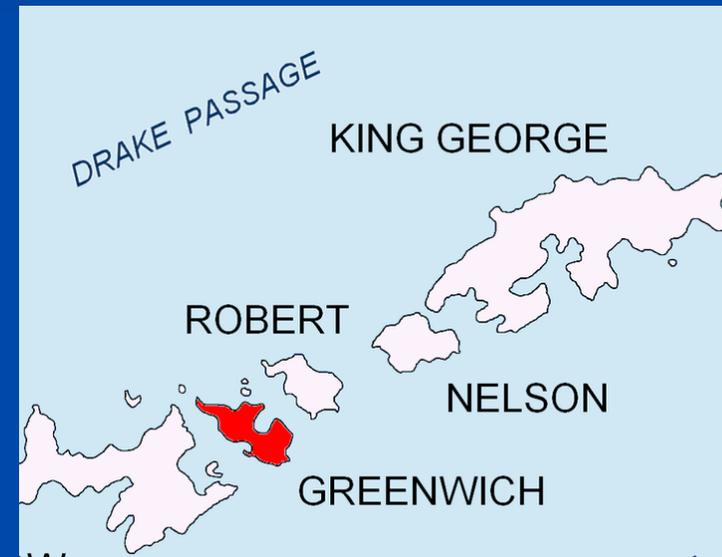
Tritón



Plutón

Investigación en Antártida para el desarrollo científico

- En el desarrollo científico estimulado por la astrobiología subrayamos el contacto mutuamente beneficioso de las investigaciones biológicas en Antártida continental, o posiblemente en sus islas, lo cual podría ser de interés para nuestro país.



- En Antártida insular no hemos visto todavía aplicaciones como en Antártida continental, donde donde la frontera entre la investigación microbiológica y la astrobiología es evidente .

Capítulos de la astrobiología

- ◆ El origen de la vida en el universo,
- ◆ La evolución de la vida en el universo,
- ◆ La distribución de la vida en el universo,
- ◆ El destino de la vida en el universo

Universalidad de la biología

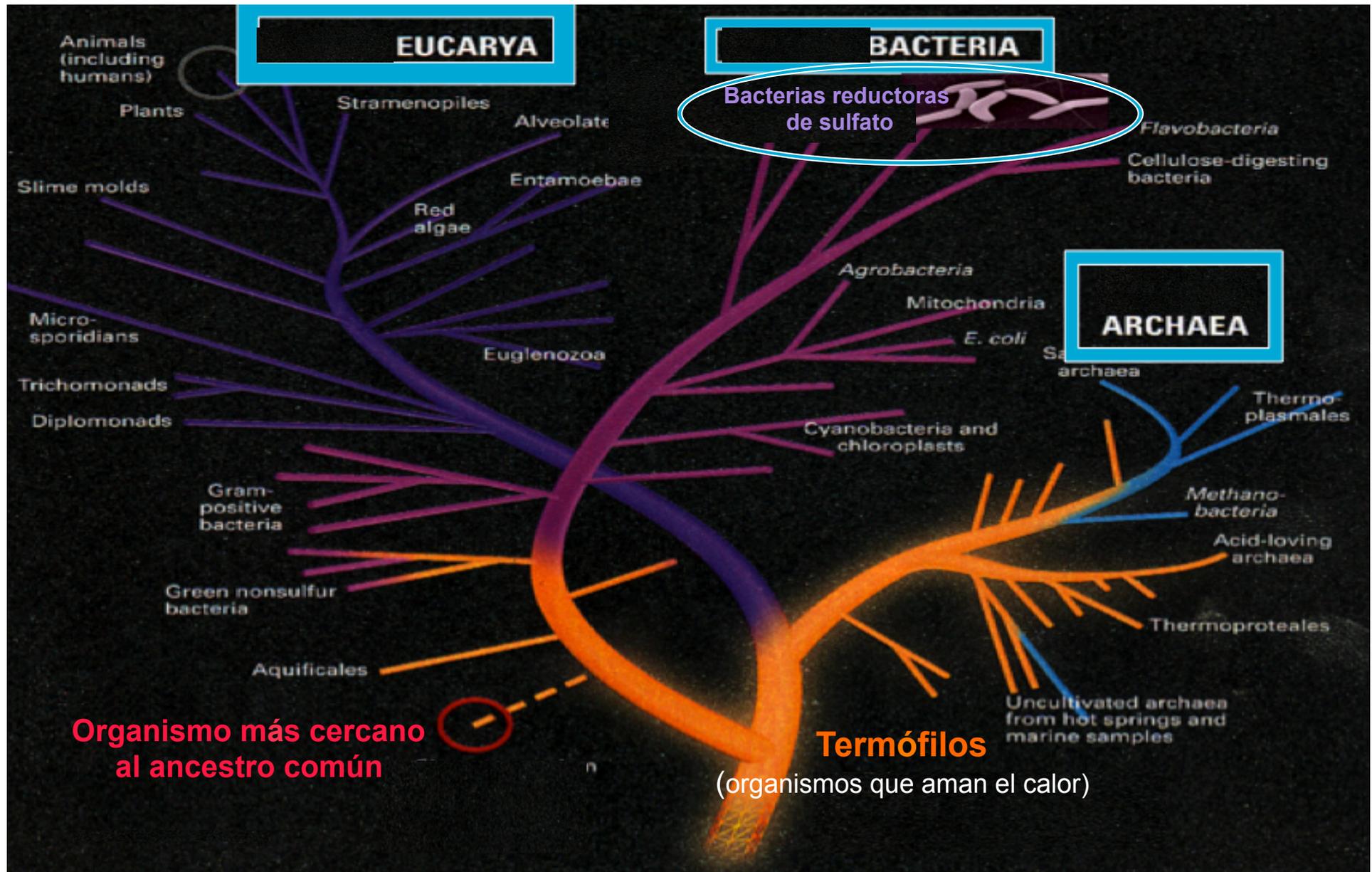
- En el tercer “capítulo” de la astrobiología se supone la universalidad de la biología.
- La hipótesis la formuló Richard Dawkins en 1982.
- Discutiremos como comprobarla.

Resumen

1. Biomarcadores químicos en el Sistema Solar
2. Biomarcadores químicos con la misión Galileo hasta 2003
3. Biomarcadores químicos con la futura misión JUICE
4. Biomarcadores físicos más allá del Sistema Solar

Resumen

1. Biomarcadores químicos en el Sistema Solar
2. Biomarcadores químicos con la misión Galileo hasta 2003
3. Biomarcadores químicos con la futura misión JUICE
4. Biomarcadores físicos más allá del Sistema Solar



¿Sería posible que las propiedades de las
BACTERIAS REDUCTORAS DE SULFATO
 nos puedan ayudar a identificar la vida en el Sistema Solar?

Un enorme cráter fue producido en la región del Cañón del Diablo de Arizona por un meteorito (MCD) conteniendo sulfato.



Para apreciar las pequeñas diferencias entre los isótopos ^{32}S y el menos abundante ^{34}S de una muestra (mu) dada, tomamos como standard (st) un trozo del MCD que contiene ambos isótopos de azufre .



Este fragmento de 360 Kg es conservado en el Museo Nacional de Historia Natural de París.



El parámetro delta

- Deseamos denotar pequeñas diferencias isotópicas en partes ‰ de una muestra con respecto al MCD, al cual le asignamos un valor de 0 ‰ :

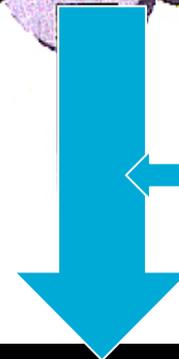
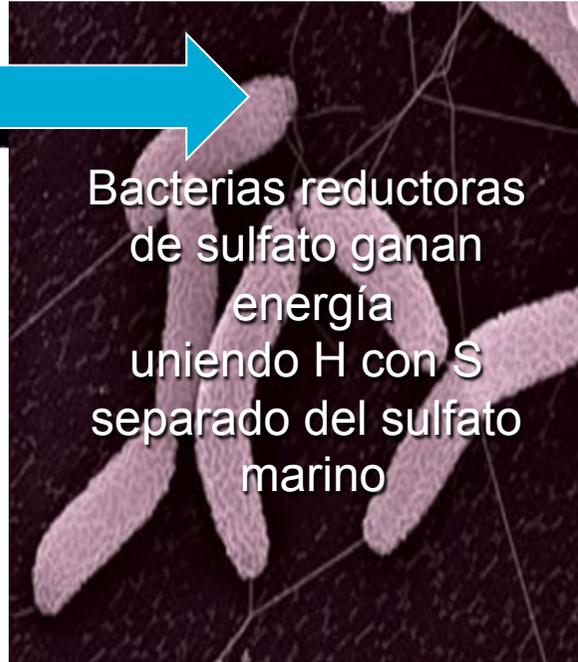
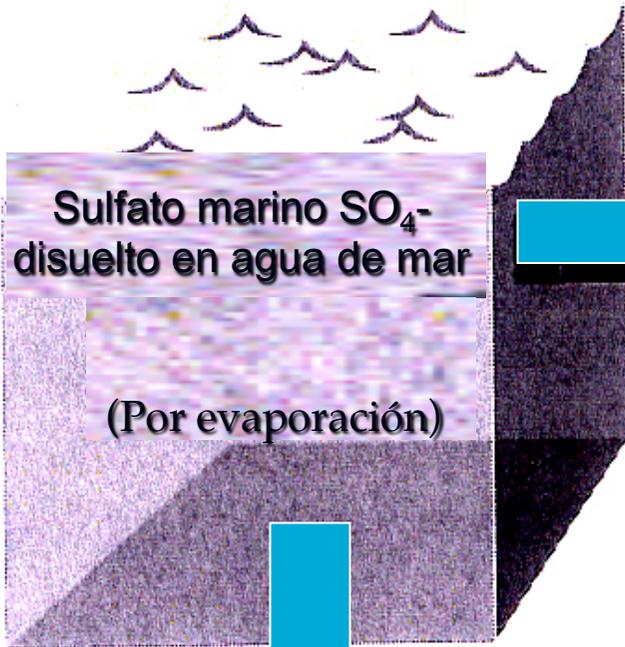
$$\delta^{34}\text{S} = \left[\frac{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{mu}}{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{st}} - 1 \right] \times 10^3$$

- Cuando la muestra haya sido alterada biológicamente y haya relativamente más abundancia de ³²S en la muestra que en el MCD, entonces:

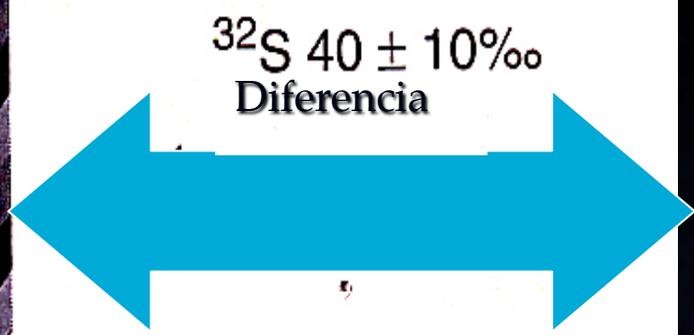
$$\delta^{34}\text{S} < 0.$$

- Cuando la muestra tiene relativamente mayor abundancia de ³⁴S que en el MCD, entonces:

$$\delta^{34}\text{S} > 0.$$



← hierro



Basado en parte:
William Schopf
Cradle of Life, p. 180

Pirita, o
sulfuro de hierro, FeS_2

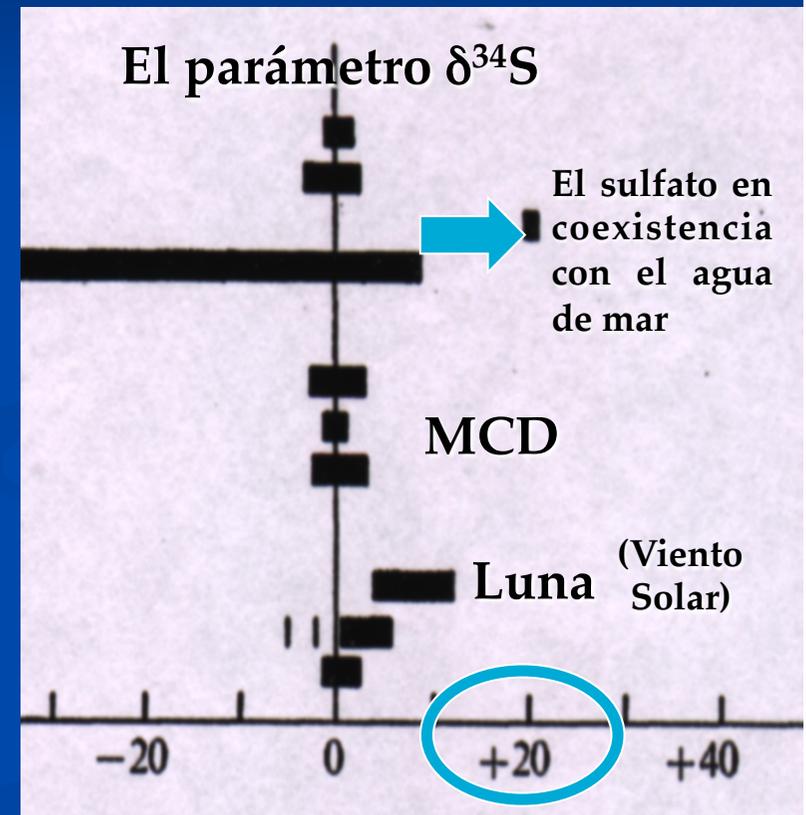


El fraccionamiento del azufre en el Sistema Solar

En la Tierra → Hasta un - 70 ‰

Wortmann et al. (2001). *Geology* 29, pp. 647-650

- Sabemos que el azufre puede ser fuertemente fraccionado por la actividad de bacterias que son capaces de reducir el sulfato.



Kaplan, I.R. (1975). *Proc. Roy. Soc. Lond.* B189, 183-211

Resumen

1. Biomarcadores químicos en el Sistema Solar
2. Biomarcadores químicos con la misión Galileo hasta 2003
3. Biomarcadores químicos con la futura misión JUICE
4. Biomarcadores físicos más allá del Sistema Solar

La misión Galileo (NASA, 1989, 1995-2003)

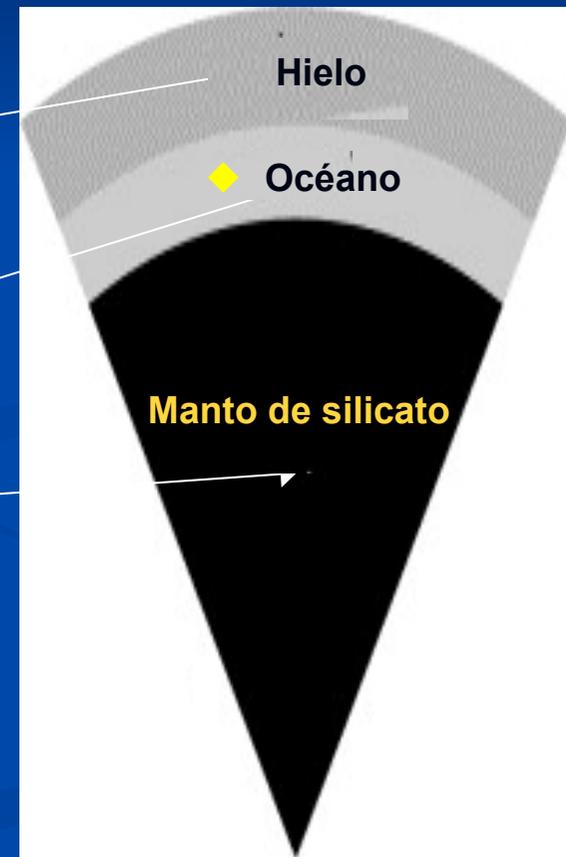
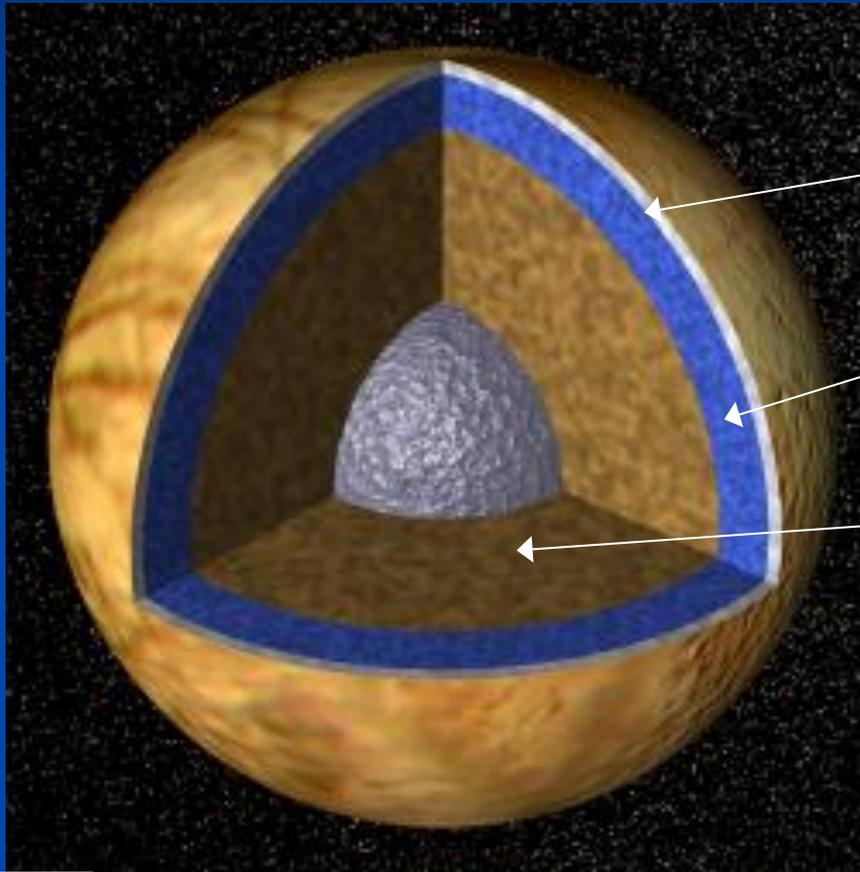
- Para 1995 la NASA logró poner un satélite artificial en órbita de Europa, luna de Júpiter. Galileo aportó evidencia para la posible presencia de un océano debajo de la superficie helada de Europa.



- La imagen a la derecha fue nuestra primera reacción para detectar vida en el océano:¹

1. Joan Horvath, Frank Carsey, James Cutts, Jack Jones, Elizabeth Johnson, Bridget Landry, Lonnie Lane, Gindi Lynch, Julian Chela-Flores, Tzyy-Wen Jeng and Albert Bradley (1997). In: Instruments, Methods and Missions for Investigation Extraterrestrial Microorganisms. (R.B.Hoover, ed.), Proc. SPIE, 3111, pp. 490-500. http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/searching_for_ice.html

Veamos con más cuidado el océano de Europa



Europa

Pero no hay necesidad de penetrar la superficie helada: Las manchas de azufre en el hemisferio norte de Europa

Las manchas rojas denotan
mayor presencia de azufre



¿Habrían procesos que
pudiesen transportar
biomarcadores desde el océano
hasta la superficie?



Una mancha oscura “Castalia macula”

(0°N, 225°W, Galileo, 1998)

La contaminación es reciente y posiblemente desde el interior implicando, en principio, la presencia de biomarcadores ¹

cúpula

900 m

“Castalia Macula”

Una depresión de 350 m

25 km

1. Prockter, L.M. and Schenk, P. (2005). Origin and evolution of Castalia Macula, an anomalous young depression on Europa. *Icarus* 177, 305–326.

También en Antártida, como en Europa, hay manchas de azufre biogénico en superficies heladas

Mar de Ross

Isla de Ross

Monte Erebus

Estrecho de McMurdo

Base de Scott

Cataratas de Sangre

Valle de Taylor

McMurdo Ice Shelf





Las Cataratas de Sangre se originan en una fuente de microbios subglaciales

Mikucki, J.A., Pearson, A., Johnston, D.T., Turchyn, A.V., Farquhar, J., Schrag, D.P., Anbar, A.D., Priscu, J.C. & Lee, P.A. (2009). **A contemporary microbially maintained subglacial ferrous 'ocean'**. *Science* **324**, 397–398.

Resumen

1. Biomarcadores químicos en el Sistema Solar
2. Biomarcadores químicos con la misión Galileo hasta 2003
3. Biomarcadores químicos con la futura misión JUICE
4. Biomarcadores físicos más allá del Sistema Solar

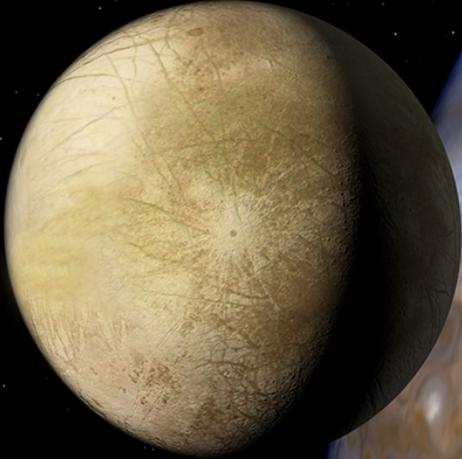
An illustration of a satellite with two long, thin solar panels and a central body, orbiting the moon Ganímedes. The moon is shown in the upper left corner, partially illuminated with a greenish glow.

Ganímedes

JUICE son siglas en inglés para un futuro satélite artificial en el sistema de Jupiter:

The Jupiter Icy Moon Explorer Mission.

Tal misión ha sido aprobada por la ESA para los
2020s

A large, spherical moon with a yellowish, heavily cratered surface, identified as Europa.

Europa



Instrumentación para la exploración de Europa y Ganímedes

- Los instrumentos de la Universidad de Berna en Suiza ya han logrado una impresionante trayectoria de éxitos espaciales.
- Mejoras en la precisión de los instrumentos aprobados para la Misión JUICE son todavía posibles (Marek Tulej, comunicación privada (2016)).

La instrumentación miniaturizada “PEP” de la Universidad de Berna

- PEP: Paquete de partículas para el ambiente con una espectrometría de masa (EM) de gas neutro e iones.
- La carga de instrumentos que portará JUICE incluirá la tecnología PEP.



Los instrumentos miniaturizados PEP ofrecen notables ventajas

- ❑ Los espectros de masa (con la EM) son de fácil interpretación ¹
- ❑ PEP llevará a cabo la primerísima medición directa en las exoesferas de las lunas Galileanas ².

1. D. Abplanalp et al (2009). A neutral gas mass spectrometer to measure the chemical composition of the stratosphere. *Adv. Space Res.* **44**, 870–878.
2. P. Wurz et al (2014). Simulation of Callisto's exosphere as measured by JUICE/NIM. *EPSC Abstracts* **9**, 596.

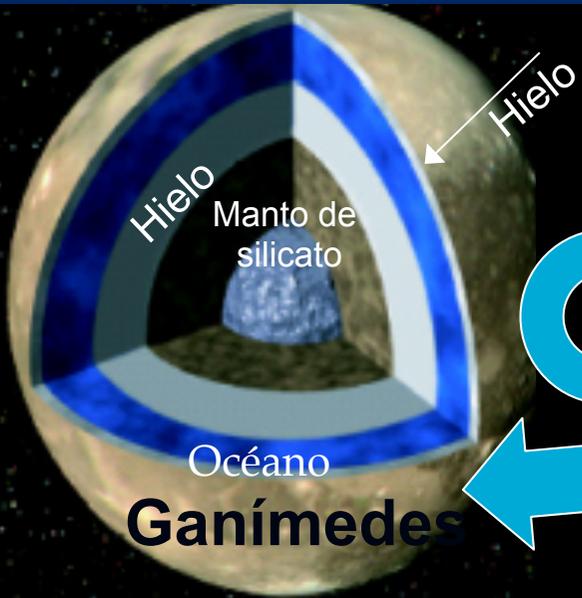


Mediciones de la biogenicidad

- El espectro de masa del azufre para la exoesfera de Europa deberá ser medida con una precisión de hasta el nivel de partes $^0/_{00}^1$.
- La precisión para la detección, o en el caso contrario, para excluir la presencia de biomarcadores en Europa, será posible con la tecnología PEP en el futuro próximo ².

1. Chela-Flores, J. Cicuttin A., Crespo, M. L. and Tuniz, C. (2015). *International Journal of Astrobiology* 14, 427-434).
2. Marek Tulej et al (The University of Bern with the collaboration of the University of Sweden and the Swedish Natural History Museum), *Astrobiology J.* (2015) 15, No 8, pp. 1-14.

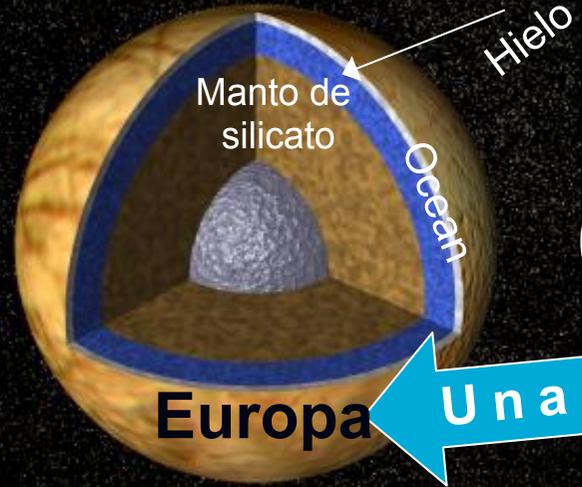
Analogía entre la Tierra habitada y las lunas de Galileo



Ganímedes

1

Una analogía débil



Europa

2

Una mejor analogía



La Tierra

La geoquímica nos puede proporcionar biomarcadores para posibles ecosistemas en Europa

Nuestras expectativas son:

- Un valor grande y negativo de $\delta^{34}\text{S}$ para Europa, ya que es un mundo análogo al nuestro ¹.
- Un valor positivo, de $\delta^{34}\text{S}$ para Ganímedes, un mundo que no nos proporciona una buena analogía con la Tierra.

1. Chela-Flores, J. (2010). Instrumentation for the search of habitable ecosystems in the future exploration of Europa and Ganymede. *International Journal of Astrobiology* 9, 101-108.

Resumen

1. Biomarcadores químicos en el Sistema Solar
2. Biomarcadores químicos con la misión Galileo hasta 2003
3. Biomarcadores químicos con la futura misión JUICE
4. Biomarcadores físicos más allá del Sistema Solar

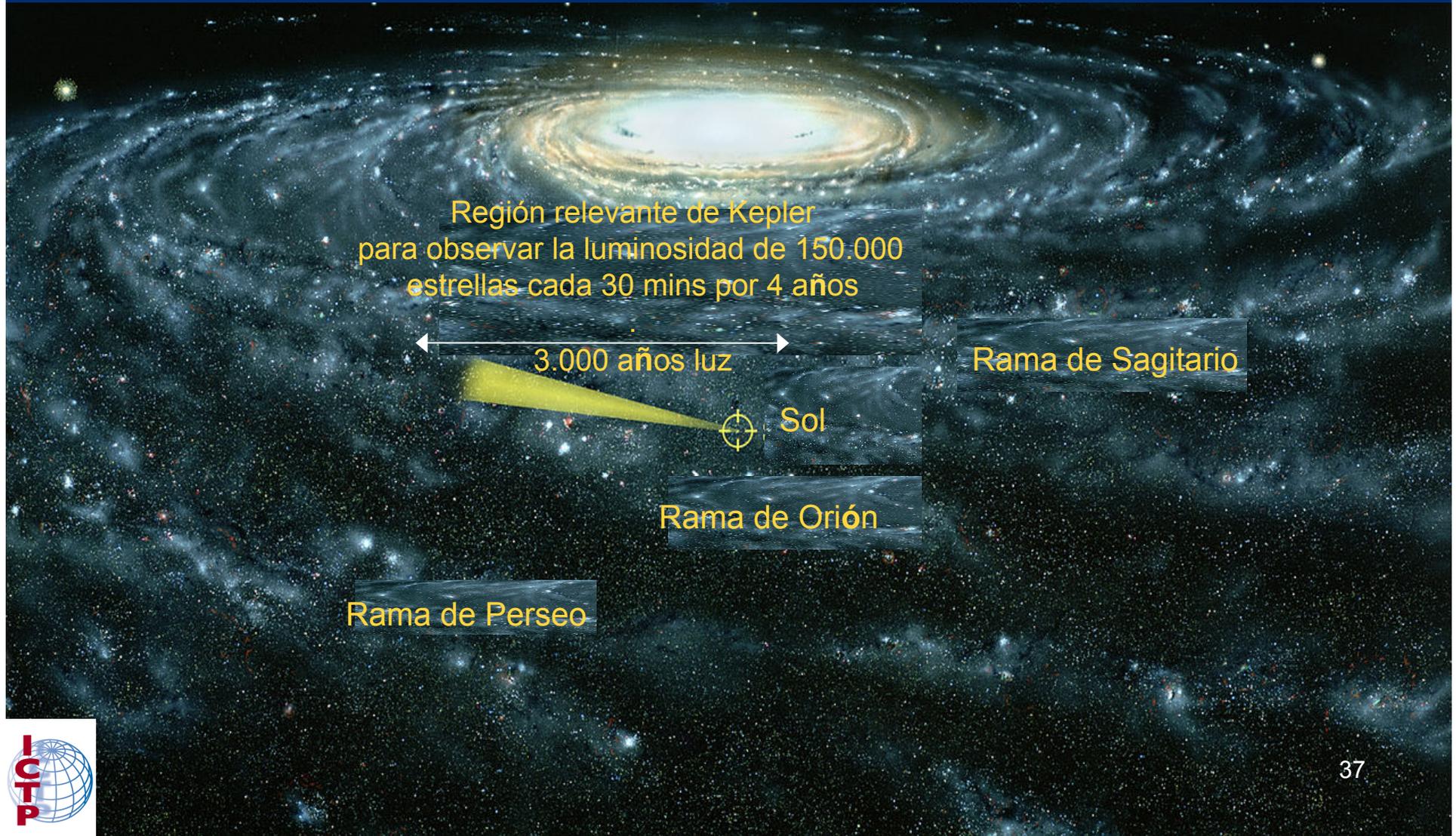


¿Hay vida en exomundos análogos a la Tierra?



La Misión Kepler

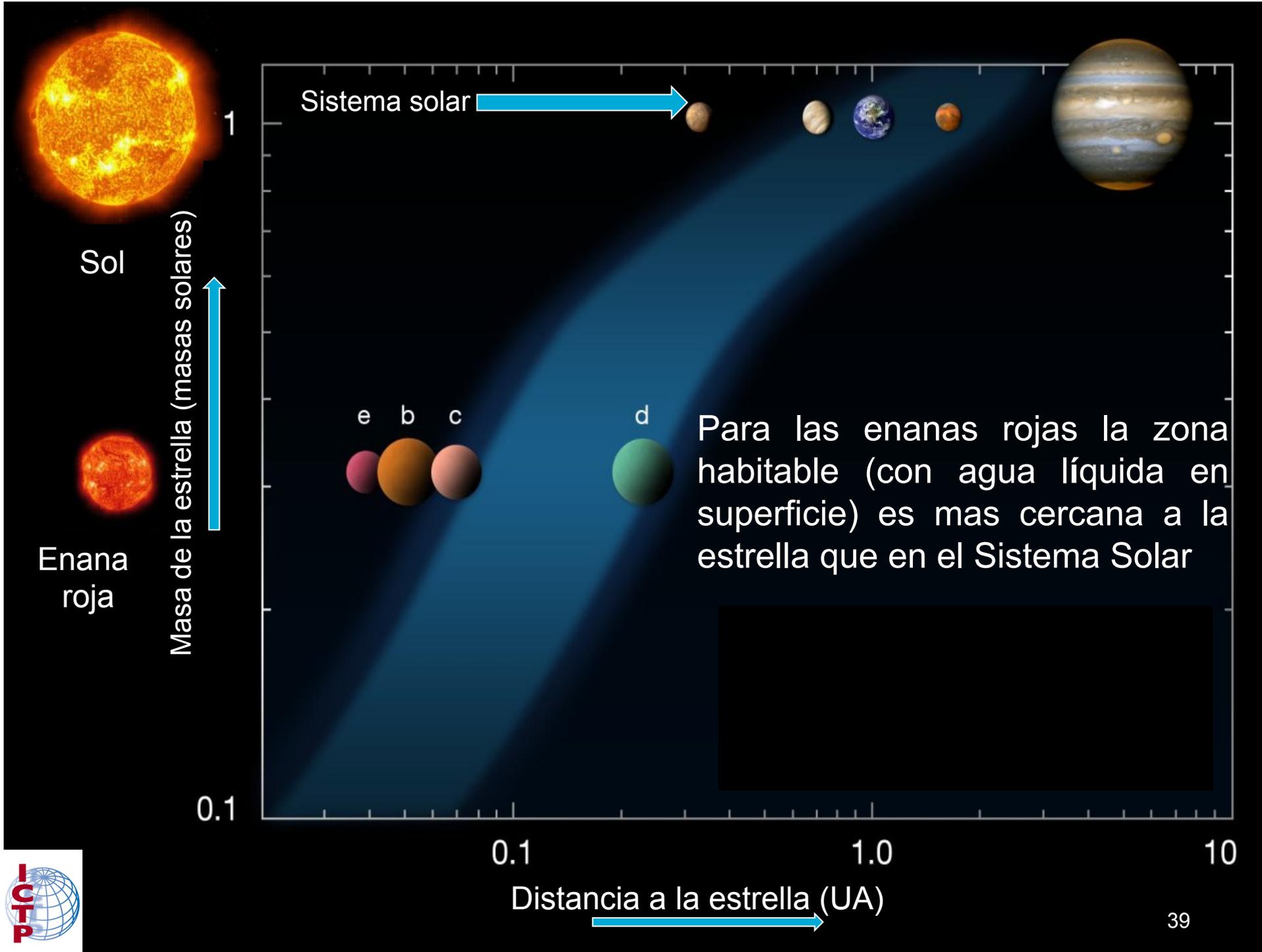
- ⊗ Otro ejemplo de satélite artificial heliocéntrico
- ⊗ Instrumento: un fotómetro)



Hay mayor probabilidad de vida en planetas de enanas rojas que en la Tierra

Tiempo de vida media de la zona habitable (Giga años)





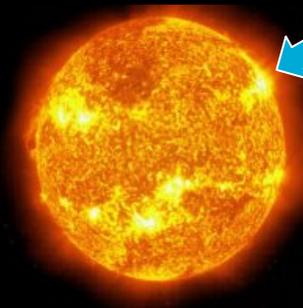
Zonas habitables

(verde)

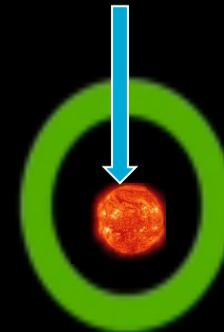
Estrella
similar
al Sol

Enana roja

En un año (365 días) la órbita
permite sólo un tránsito del
exoplaneta delante de su estrella



Orbita de la Tierra



Una órbita que dura sólo 10-25 días es
más favorable para los
cambios de luminosidad (detectables con
el fotómetro) cuando el exoplaneta pasa
enfrente de la estrella



Ejemplos de exoplanetas y el tipo de estrella

El Sol y estrellas análogas

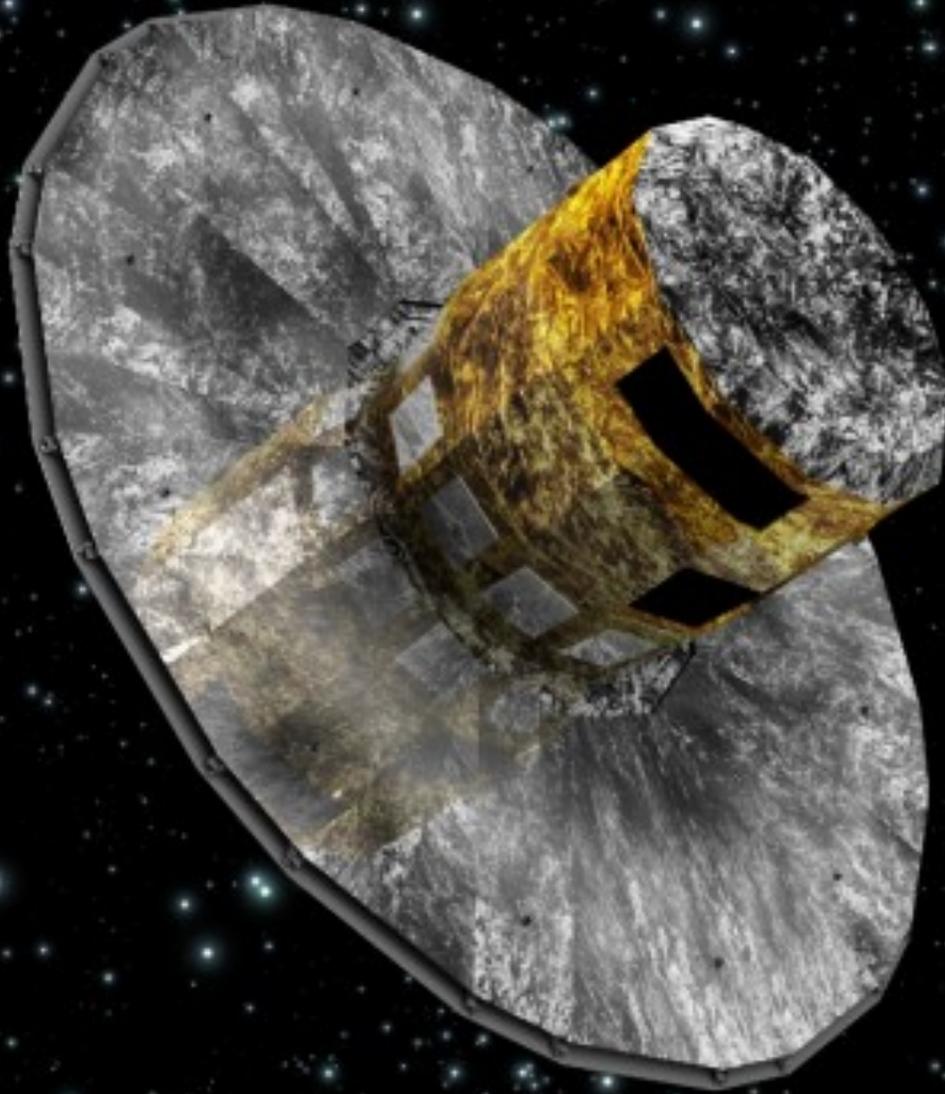


Uno de los 10 planetas conocidos que reciben niveles similares de energía estelar como el de la Tierra
 Petigura et al (2013). PNAS 110, No 48

Enana Roja



Gaia (último ejemplo de satélite artificial)



- ◆ Prepara un catálogo de biomarcadores físicos de más de mil millones de exoplanetas

Universalidad de la biología

- A nivel galáctico los bancos de datos que vendrán de Gaia competirán en abundancia con bancos de datos de la genética molecular.
- Ellos serán biomarcadores físicos para miles de millones de estrellas (distancias, órbitas, masas) .
- ¿Estaríamos en posición de desarrollar una astrobiología de sistemas, en donde la vida es un fenómeno emergente en el universo como un sistema complejo con una red de interacciones relacionadas entre sí por las ciencias de la información? ¹

-
- 1. Chela-Flores, J. (2013). Life in the universe as an emergent phenomenon. *International Journal of Astrobiology* 12, 8-16.

