

# Astrobiología

## Origen y evolución de la vida

Vassilissa Vinogradoff, Beatriz García, Rosa M. Ros

*International Astronomical Union*

*CNRS, Aix-Marseille Université, PIIM laboratory, Marseille, France.*

*CONICET/National Technical University, Mendoza, Argentina*

*Universidad Politécnica de Cataluña, Spain*



# Definición de Exobiología

La exobiología no es una disciplina sino una actividad interdisciplinaria en torno a la cuestión del origen y evolución de la vida en la Tierra y su posible presencia en otras partes del Universo; abarca todos los campos interesados en esta cuestión, desde la astronomía hasta la biología, pasando por la geología y la química, pero también la historia y la filosofía de la ciencia.



# Etimología: Exobiología y Astrobiología

Con la carrera espacial y las primeras misiones de exploración lunar y marciana, aparece el riesgo de contaminación biológica.

Los científicos suponían que era poco probable que los microbios resistieran las condiciones del espacio.

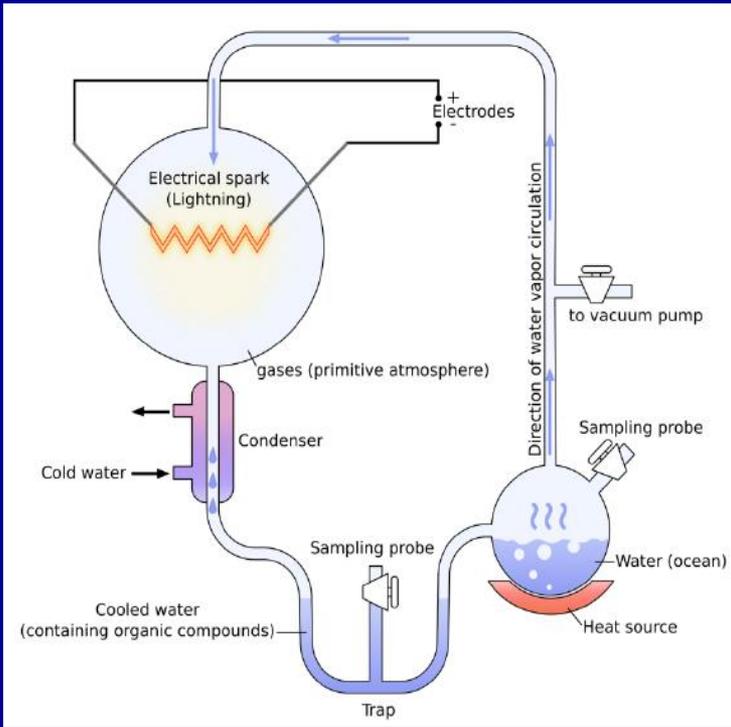
Hoy sabemos que no es así y, por ejemplo, los **tardígrados** son capaces de resistir condiciones extremas, incluidas las del espacio, y este no es un caso aislado



Oso de agua (tardígrado), *Hypsibius exemplaris*, micrografía electrónica de barrido, Bob Goldstein Vicky Madden.

# Etimología: Exobiología y Astrobiología

Con el experimento pionero de Miller-Urey se iniciaron los estudios químicos para la **síntesis de las primeras moléculas prebióticas en el laboratorio.**



Esquema del experimento de Miller-Urey.  
(Crédito: La Barre, Stéphane. (2014))

Aparece una nueva disciplina clave para la búsqueda del origen de la vida a través de la exploración espacial: la Exobiología, término introducido por Joshua Lederberg en 1960.

La IAU adoptó el término "Astrobiología" en 2015.



# Objetivos de la Astrobiología

- Definir qué es la Vida,
- Determinar el origen de la vida,
- Busca sus huellas más antiguas,
- Comprender sus mecanismos de evolución en la Tierra.
- Buscar vida en el universo.



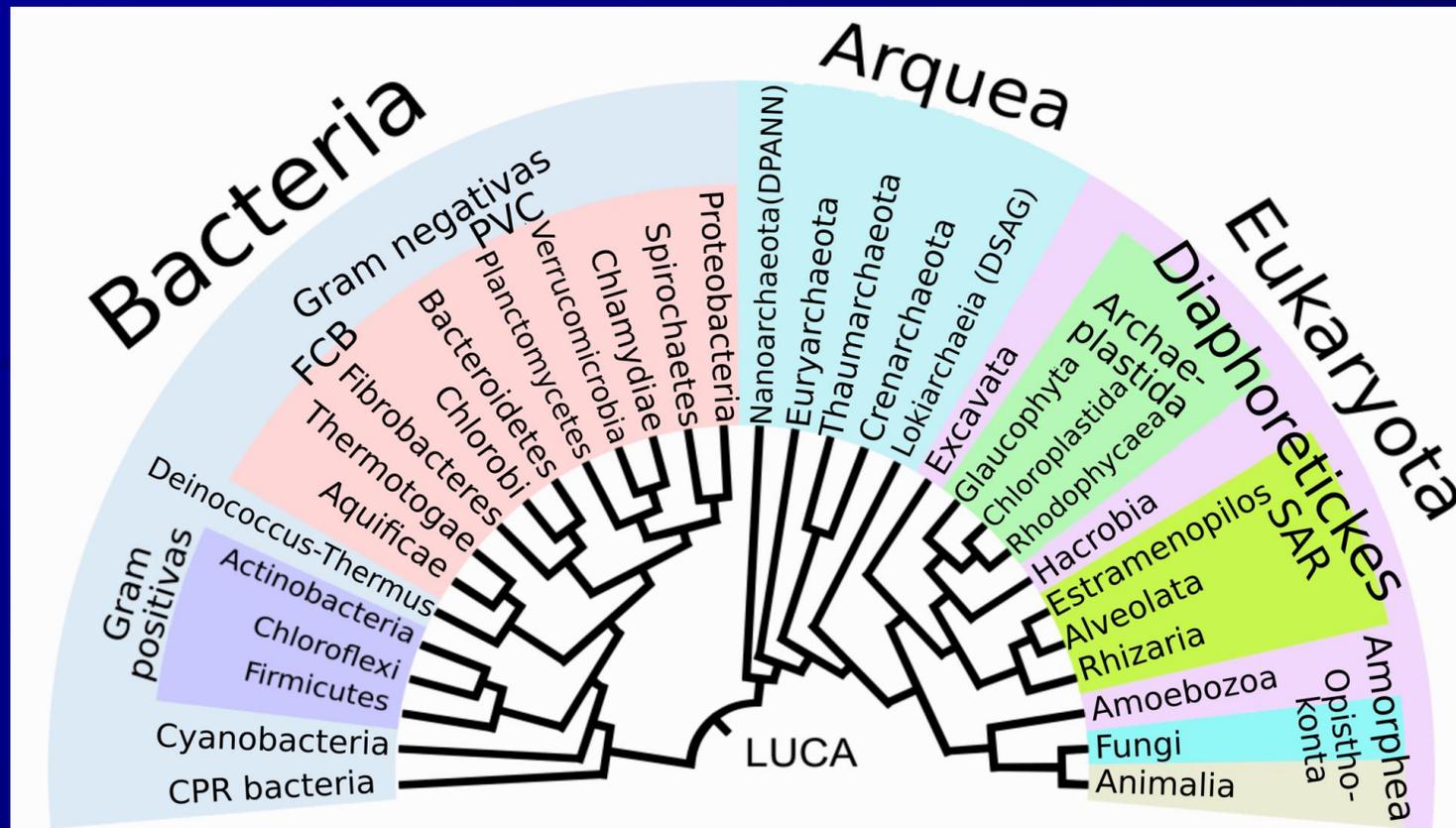


# Diversidad de las cosas vivas en la Tierra

El único ejemplo conocido de vida, es la vida terrestre, la Astrobiología concentra gran parte de sus esfuerzos en estudiar la vida terrestre en todos los entornos, especialmente en los más extremos, como los manantiales hidrotermales submarinos, los lagos de salmuera o los lugares helados. Este tipo de entorno puede ser un buen análogo de las ubicaciones extraterrestres.

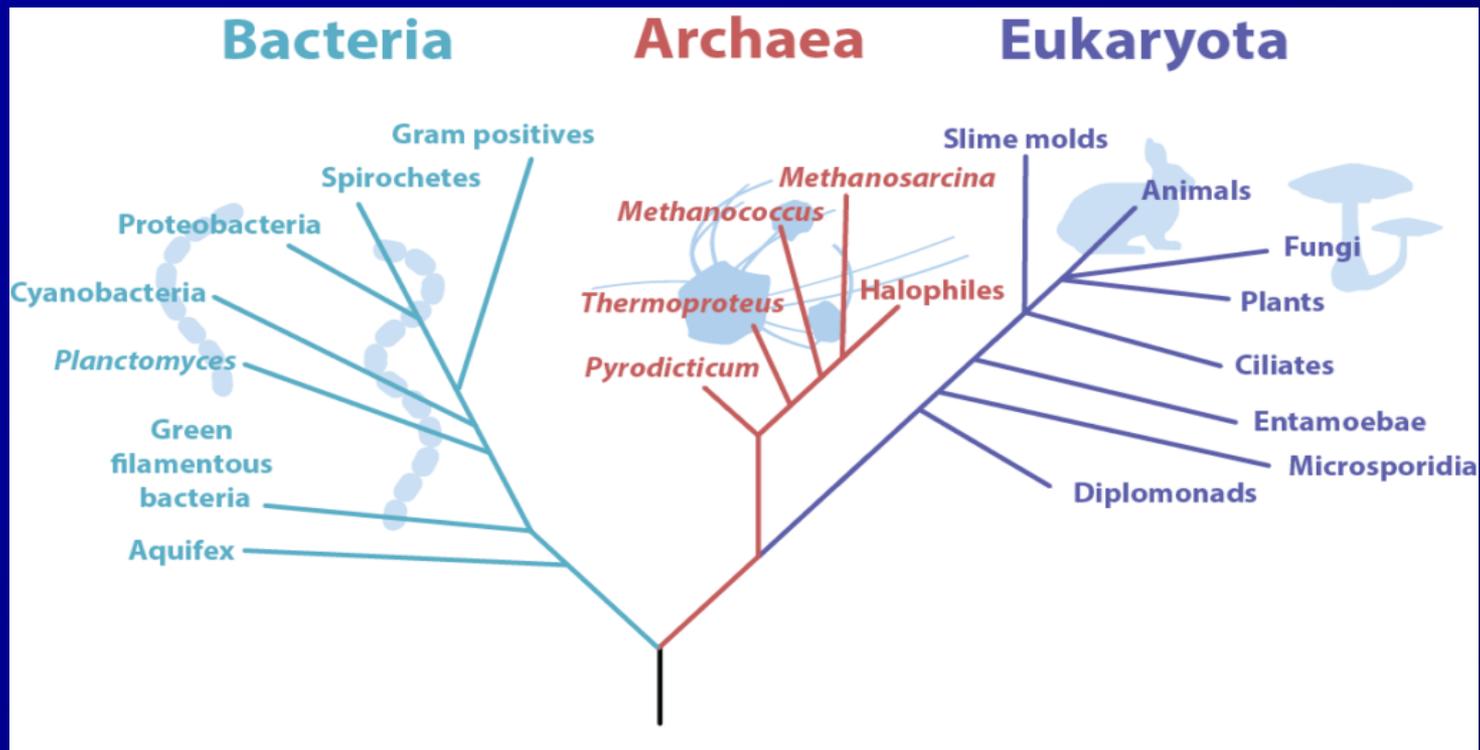


Para comprender mejor los límites de los organismos vivos y los mecanismos que actúan en ambientes extremos, los científicos buscan determinar la diversidad filogenética y metabólica de los organismos vivos.



Crédito: Wikipedia, [https://es.wikipedia.org/wiki/Filogenia\\_bacteriana](https://es.wikipedia.org/wiki/Filogenia_bacteriana)





Crédito: <https://open.oregonstate.edu/generalmicrobiology/chapter/archaea/>

Una de las ramas del árbol de la vida que resulta de especial interés son las arqueobacterias (o archaea), distintas de las bacterias procarióticas por su secuencia de ARN ribosomal y particularmente adaptadas a ambientes extremos (en términos de presión, temperatura, salinidad, nutrientes, e



# Búsqueda de los rastros de vida más antiguos en la Tierra: Dificultades

- 1) La Tierra es un planeta "vivo" (tectónica, erosión) y, por tanto, ha evolucionado mucho desde su formación hace 4.500 millones de años. Basándose en la genealogía de las especies, que los primeros organismos vivos debieron ser seres unicelulares parecidos a bacterias.
- 2) Los organismos primitivos tenían que ser microscópicos. Los rastros más antiguos probados de vida en la Tierra datan de 3.480 millones de años y fueron descubiertos en Australia.
- 3) Dificultad en la interpretación y comparación con sistemas abióticos, que podrían haber formado huellas similares a firmas o morfologías biológicas.



# La química prebiótica y la transición de lo no vivo a lo vivo

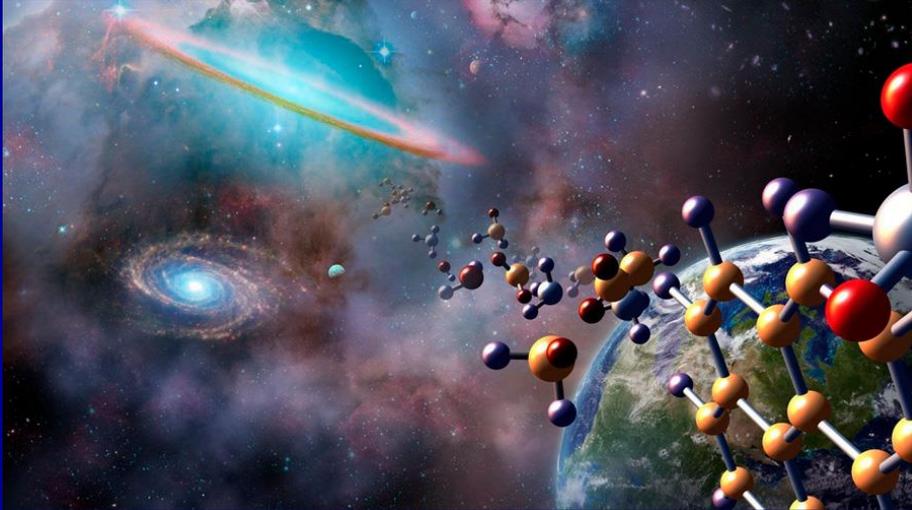
Hoy en día, en todas las especies vivas de la Tierra, entre toda la diversidad existente, existen bloques elementales hechos de C, H, N y O

Estos bloques son las proteínas, base de la replicación, el ADN (ácido desoxirribonucleico), que transporta la información genética, y los anfífilos, que constituyen las paredes celulares para la compartimentación

**Los ladrillos elementales que tiene toda especie viviente de la Tierra son, por tanto, cinco tipos de moléculas (los llamados ladrillos de vida), aminoácidos, bases nitrogenadas, azúcares, fósforo, lípidos (o ácidos grasos).**



# La química prebiótica y la transición de lo no vivo a lo vivo



Estos elementos son esenciales para la vida terrestre y el estudio de su origen nos permite dar más limitaciones al origen de la vida misma.

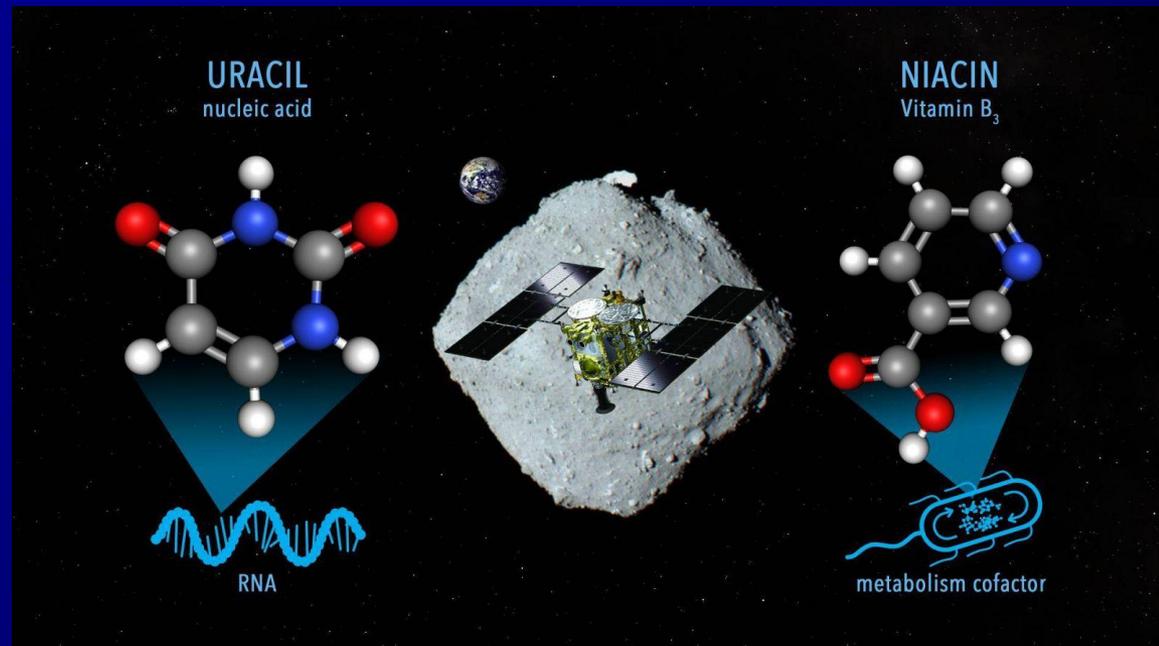


Abióticamente, estas moléculas podrían haberse formado en la atmósfera terrestre, pero también en fuentes hidrotermales.



# La química prebiótica y la transición de lo no vivo a lo vivo

Otra hipótesis propone que estas moléculas podrían haber sido traídas por objetos celestes (meteoritos), procedentes de asteroides y cometas: los meteoritos han demostrado tener una gran riqueza orgánica.



Representación del asteroide Ryugu y los materiales hallados NASA  
Goddard/JAXA/Dan Gallagher



# La química prebiótica y la transición de lo no vivo a lo vivo



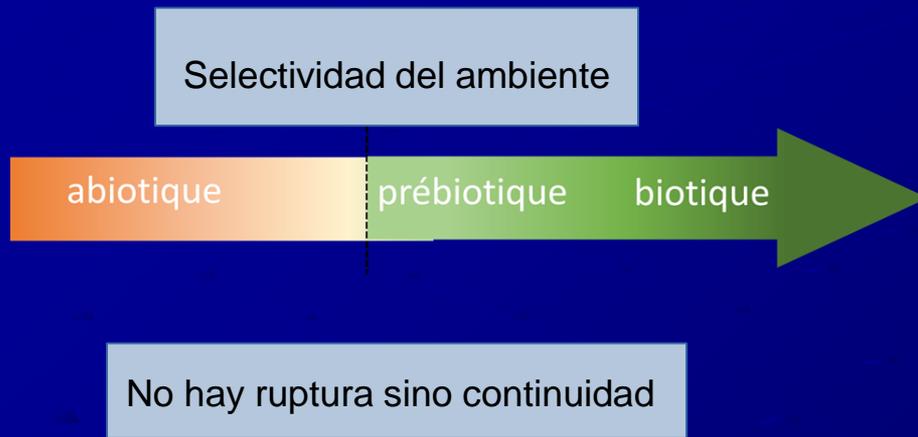
Al caer a la Tierra, los meteoritos podrían haber transportado parte del agua y de los elementos siderófilos que se encuentran en su superficie tras la diferenciación hace 4.500 millones de años.



Aún no se ha encontrado ninguna forma de vida en estos objetos, pero contienen miles de moléculas tan diversas y variadas como las necesarias en la síntesis abiótica.



# La química prebiótica y la transición de lo no vivo a lo vivo

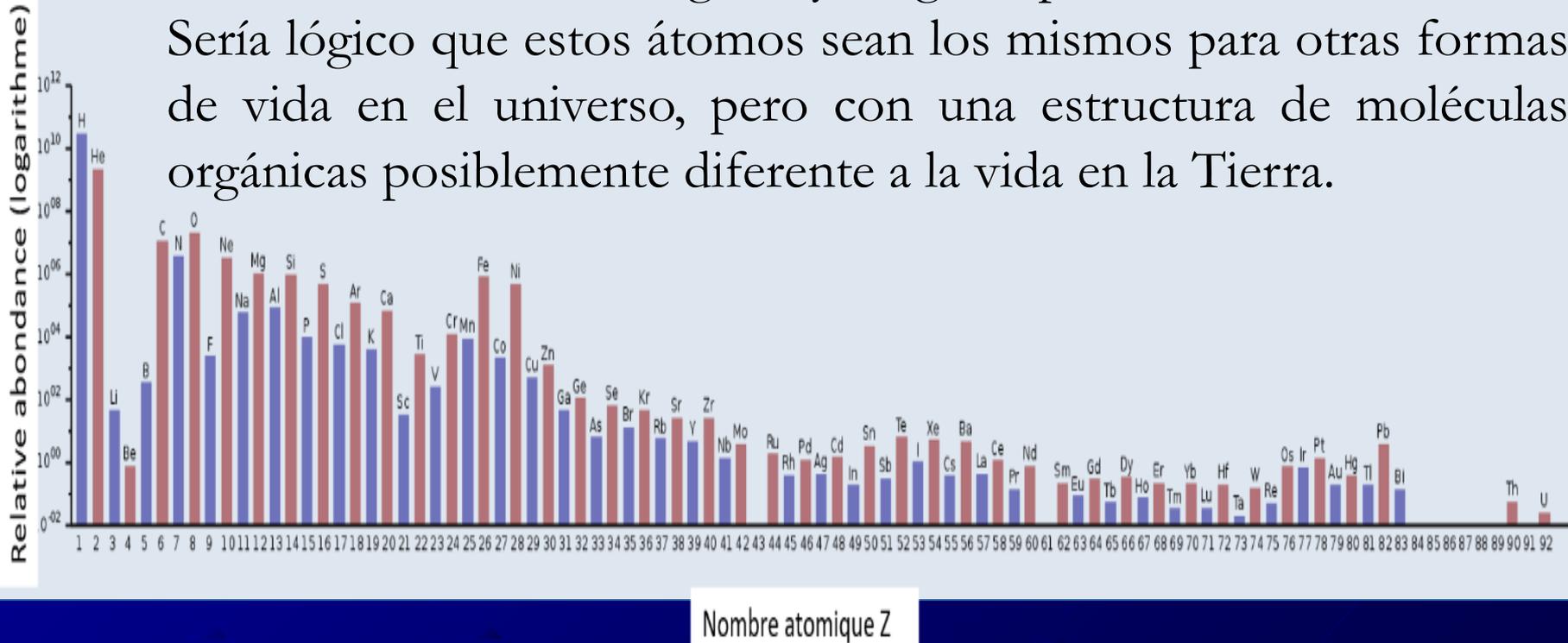


No habría una separación estricta entre un sistema abiótico y el biótico, sino más bien una continuidad, pasando por dicha química prebiótica .

Cómo y dónde surgió la vida en la Tierra sigue siendo la cuestión exobiológica más compleja y las posibles vías químicas son tan numerosas que no es obvio que algún día se encuentre la respuesta.

# Búsqueda de vida en todas partes

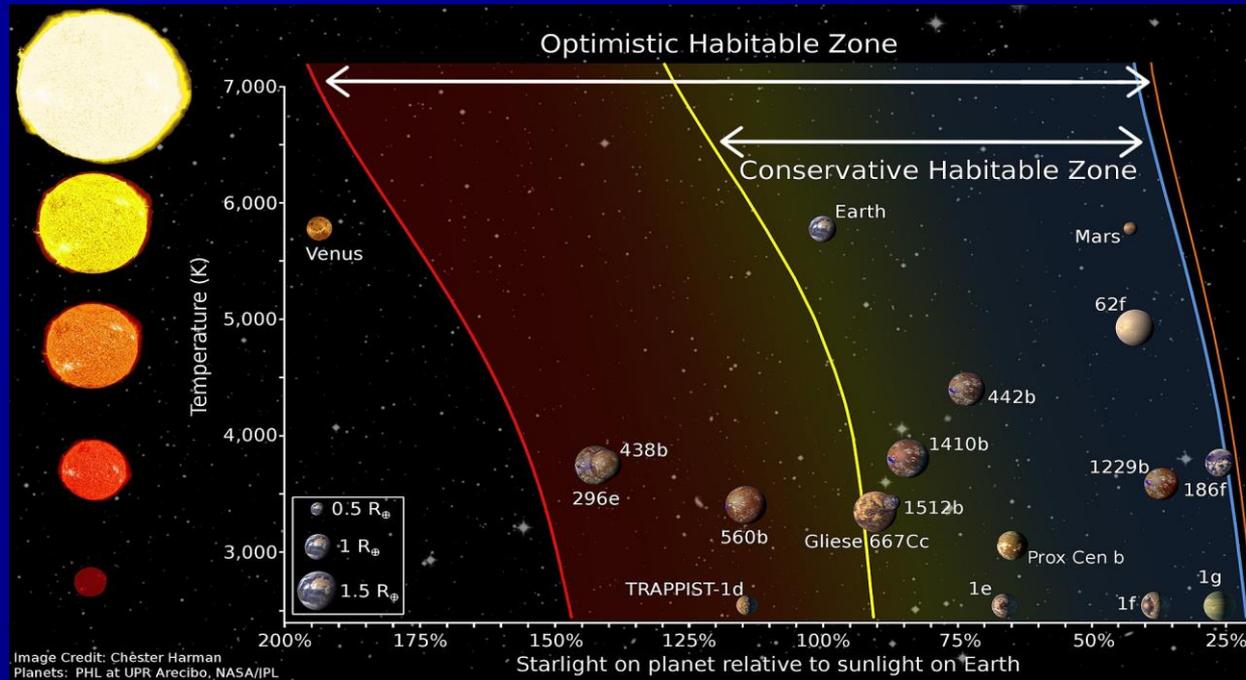
La distribución química de los átomos en el Universo ha dirigido el uso de carbono, nitrógeno y oxígeno para la vida en la Tierra. Sería lógico que estos átomos sean los mismos para otras formas de vida en el universo, pero con una estructura de moléculas orgánicas posiblemente diferente a la vida en la Tierra.



Para buscar vida en otros lugares hay que saber qué buscar y una de las bases de la Astrobiología, pero también su debilidad, es la búsqueda de vida biológicamente similar a la nuestra.



# Búsqueda de vida en todas partes

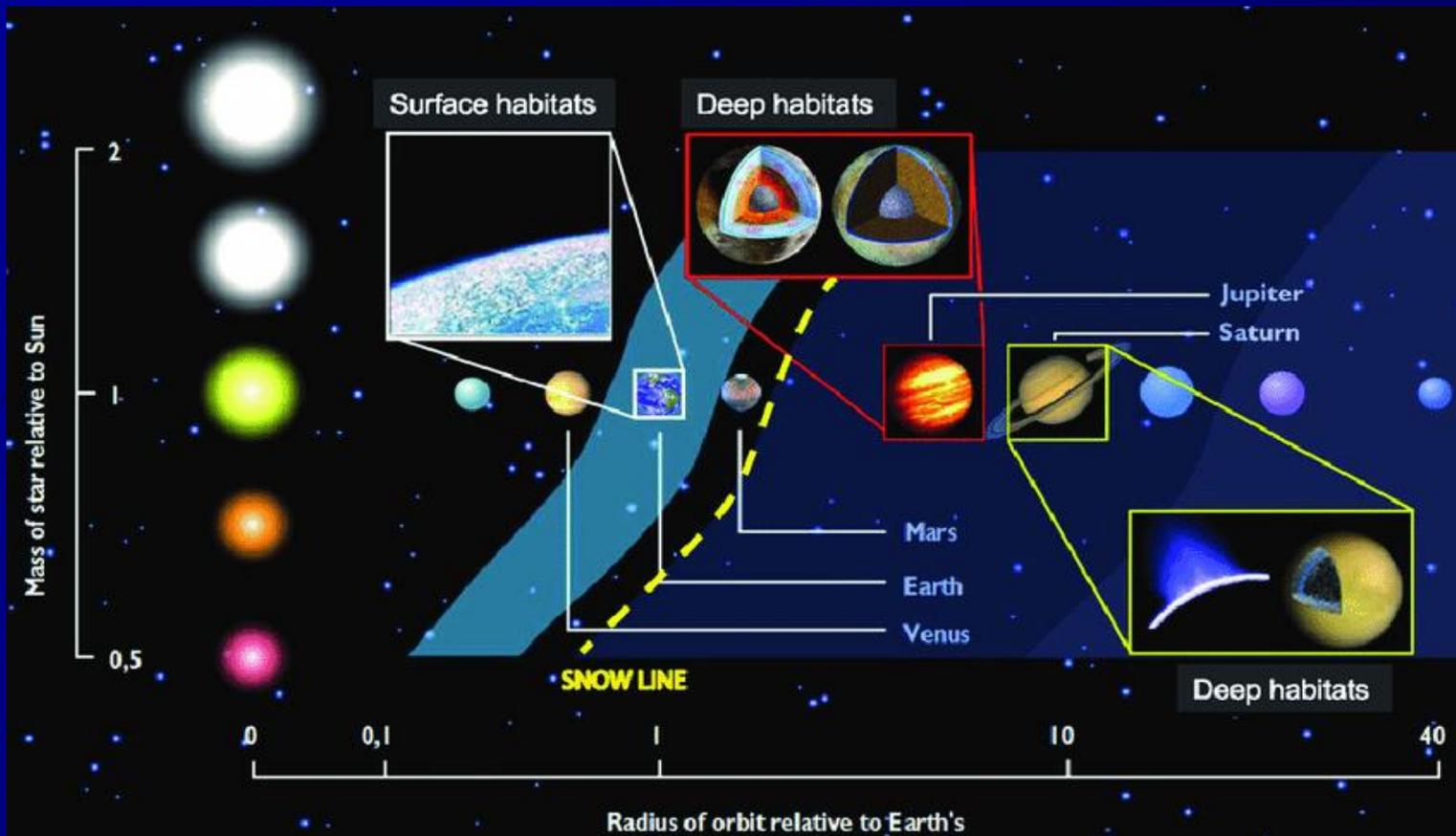


La noción de habitabilidad es un tema debatido dentro de la comunidad Astrobiológica, su definición está ligada a las condiciones que permitieron el surgimiento y evolución de la única vida (terrestre) que conocemos y nada nos dice que evaluaremos objetos habitables correctos considerando esas condiciones.



# Búsqueda de vida en todas partes

La extensión de la zona habitable a ambientes subterráneos es un ejemplo de la investigación sobre la posibilidad de vida en estos ambientes del sistema solar.

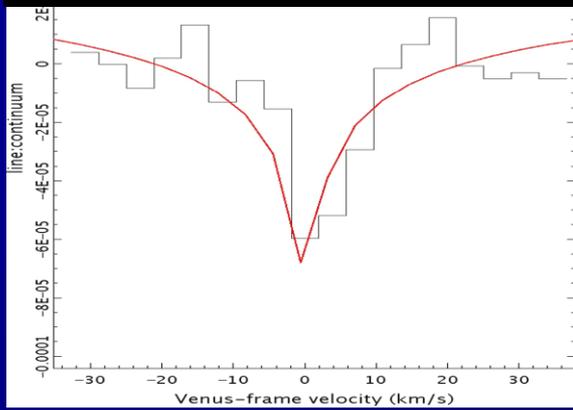
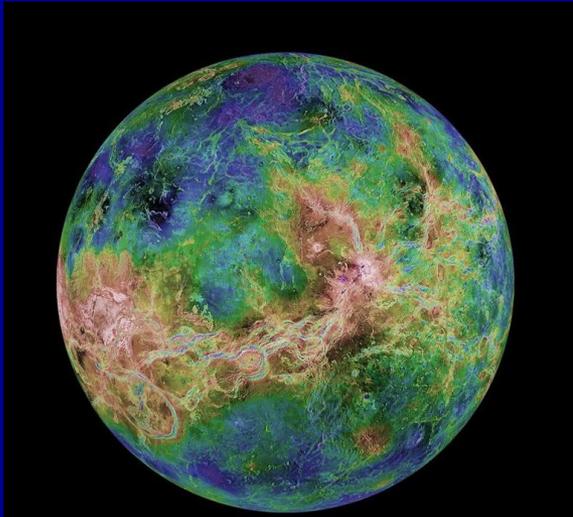


# Cuerpos en el Sistema Solar y su interés astrobiológico

Los estudios en astrobiología se interesan entonces por el posible surgimiento de vida en estos ambientes, más allá de la Tierra, que han sido definidos como habitables



# Planetas en el Sistema Solar y su interés astrobiológico: VENUS



Nuestro "planeta hermano", tiene una química orgánica relativamente compleja, con moléculas de azufre y fósforo en una atmósfera extremadamente densa compuesta por más del 96% de  $\text{CO}_2$ .

No se encuentra en la zona habitable del sistema solar y carece de un componente esencial: el agua en su superficie.

Detección agua deuterada (HDO) en Venus en los datos de ALMA (Greaves, J.S., Richards, A.M.S., Bains, W. et al. Phosphine gas in the cloud decks of Venus. *Nat Astron* 5, 655–664 (2021).



# Planetas en el Sistema Solar y su interés astrobiológico: VENUS

Venus se benefició de aportes exógenos como la Tierra después de su formación, pudo haber tenido agua líquida en su superficie y una atmósfera rica en agua hace 4.500 millones de años y durante algún tiempo.

En la actualidad su superficie es sólo vulcanismo activo con temperaturas de alrededor de 460°C. Si la vida se desarrolló en el momento más favorable, se propone que sobrevivió en forma de microorganismos en las nubes de su atmósfera, con una temperatura de ~75°C



# Planetas en el Sistema Solar y su interés astrobiológico: MARTE



Este planeta ha sido propuesto a menudo como el mejor lugar del sistema solar para haber tenido, o todavía tener, condiciones por vida.

La existencia de vida microbiana ya se consideró en los años 70 durante la preparación de la misión Viking: los módulos de aterrizaje estaban equipados con instrumentos capaces de realizar experimentos destinados a poner de relieve la vida marciana, detectar la actividad biológica fotosintética o proporcionar nutrientes a las bacterias marcianas, con respuestas negativas.



# Planetas en el Sistema Solar y su interés astrobiológico: MARTE



Evidencia de antigua presencia de agua en Marte. (Curiosity, NASA/JPL)

Los Vikingos confirmaron la presencia de agua líquida en el pasado de Marte, observando canales, ríos secos y valles dendríticos.

El agua podría haber permanecido en su superficie durante al menos mil millones de años y todavía está presente en los minerales que actualmente cubren la superficie.

**En los polos hay hielo de agua en los casquetes polares y se sospecha que el agua está presente en mayor cantidad en la corteza marciana**



# Planetas en el Sistema Solar y su interés astrobiológico: MARTE

Marte es considerado desde hace mucho tiempo un planeta muerto, pero la vida podría haberse desarrollado al mismo tiempo que en la Tierra y quizás persistir bajo tierra.

Encontrar vida en Marte proporcionaría muchas respuestas sobre la aparición de vida en nuestro planeta.

Si existiera vida en Marte, incluso en forma de microorganismos, y dado que el planeta ya no es geológicamente activo, debería ser posible descubrirla en forma de huellas fósiles en la superficie o incluso esperar que exista y haya sobrevivido bajo tierra.



# Planetas en el Sistema Solar y su interés astrobiológico: SATELITES

En las últimas décadas se han descubierto otros cuerpos habitables de interés astrobiológico más allá de la barrera de los asteroides, se trata de los satélites de planetas gaseosos gigantes.

Los planetas gigantes tienen un interés limitado para la astrobiología porque no tienen superficies y, por lo tanto, no tienen rocas.

Sus satélites, además, son de importancia para comprender el origen y evolución del Sistema Solar



# Satélites en el Sistema Solar y su interés astrobiológico

Alrededor de Júpiter, son sus satélites los que interesan, en particular Ganímedes, Calisto y Europa

Encelado y Titán alrededor de Saturno. Revelados gracias a la sonda Cassini-Huygens (1997-2017), que visitó estos mundos durante 15 años, estos satélites helados sorprenden por su diversidad y la abundancia de agua líquida que contienen.

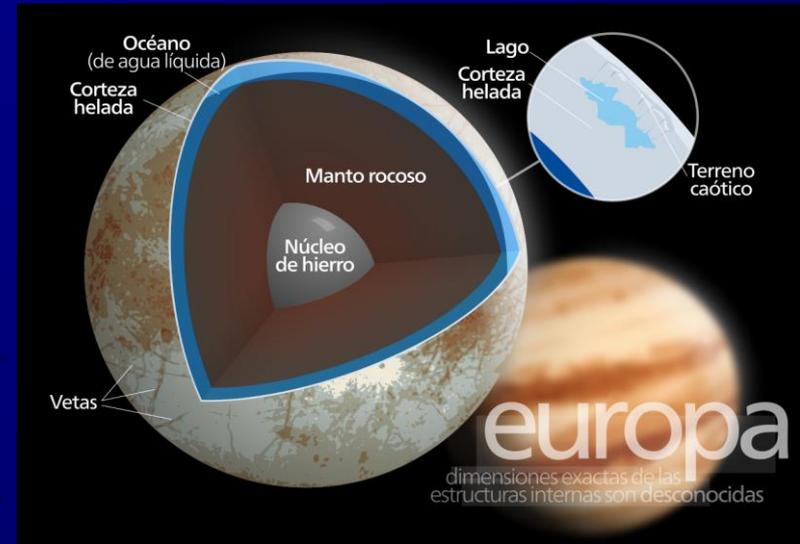


# Satélites en el Sistema Solar y su interés astrobiológico

**Europa**, contendría un océano diez veces mayor que el de la Tierra, mientras que el satélite es 3 veces más pequeño que nuestro planeta

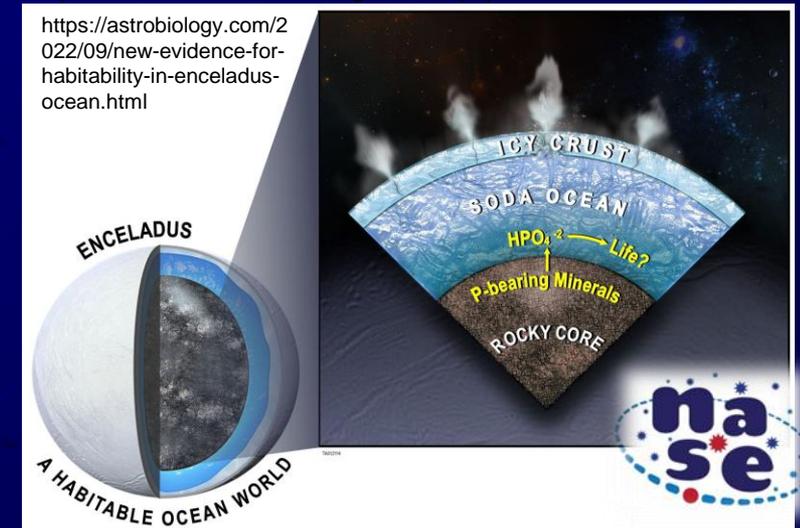
**Encelado**, en 2014 se descubrieron géiseres de agua en su superficie, que se extienden hasta 100 km sobre su superficie.

Esta observación ha revelado la presencia de un océano bajo la capa de hielo.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23640295>

<https://astrobiology.com/2022/09/new-evidence-for-habitability-in-enceladus-ocean.html>



# Satélites en el Sistema Solar y su interés astrobiológico: TITÁN

El satélite más grande de Saturno, Titán, presenta una gran cantidad de materia orgánica que se forma en su atmósfera.

En 1980 y 1981, las sondas Voyager 1 y 2 revelaron una atmósfera extremadamente densa compuesta principalmente de nitrógeno y metano.

La química en la atmósfera de Titán ha demostrado ser extremadamente compleja, lo que da como resultado la formación de aerosoles orgánicos que se depositan en la superficie.



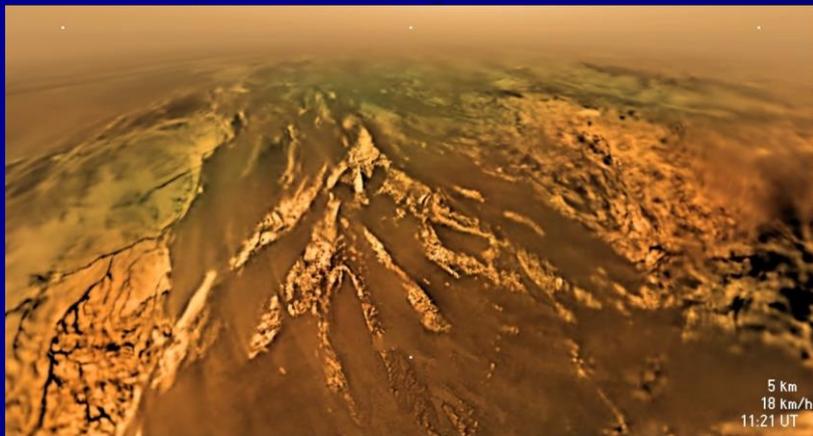
La misión Cassini-Huygens (1997-2017) confirmó una química orgánica compleja en la atmósfera de Titán.



Misión Cassini/Huygens, NASA,

Se obtuvieron impresionantes imágenes de la superficie cubierta de granos orgánicos, dunas y lagos de hidrocarburos.

Los modelos astrofísicos han propuesto que Titán puede albergar un océano de agua líquida debajo de su superficie y presenta todos los ingredientes necesarios para el surgimiento de una rica química prebiótica y una posible forma de vida.

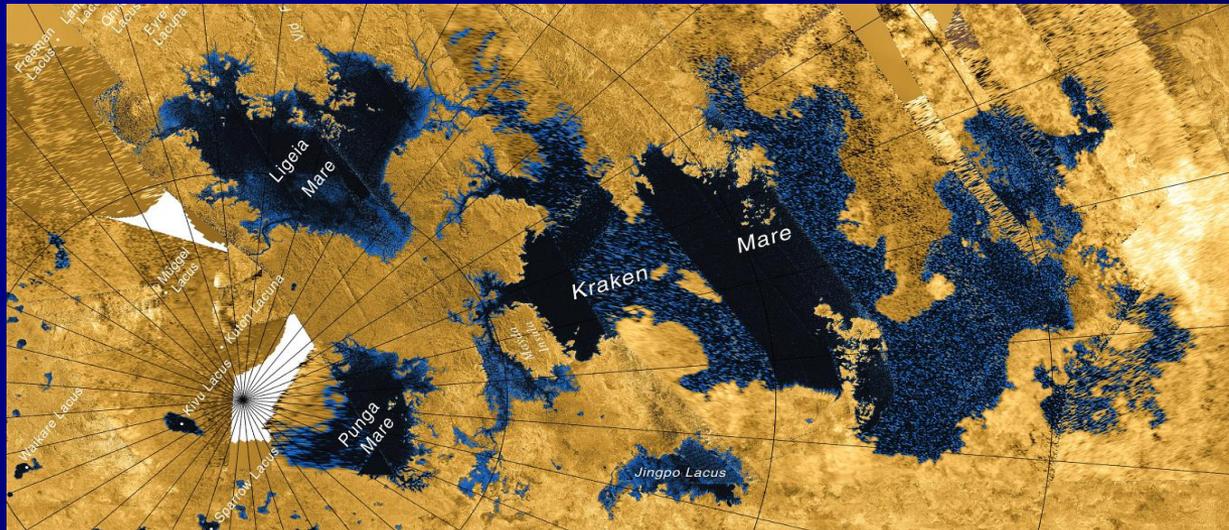


Superficie de Titan.(Cassini/Huygens, NASA)



Los modelos geoquímicos evolutivos sugieren que desde el primer millón de años después de la formación de Titán, este océano subterráneo estuvo en contacto con la atmósfera, en la que se habrían producido las primeras moléculas complejas.

Por analogía con la Tierra, en este océano de Titán se prevé la presencia de fuentes hidrotermales, que constituyen una fuente de energía para las moléculas orgánicas y un entorno potencial para los sistemas prebióticos.



# Más Allá del Sistema Solar

Se han descubierto y confirmado 5.500 exoplanetas (hasta ahora 2024) en nuestra galaxia. Nos ayuda a comprender la formación de nuestro Sistema Solar y eso probablemente sea único.

Con el estado actual del conocimiento y los avances en el campo de la Astrobiología, es muy difícil plantear la hipótesis de un planeta habitado y la presencia comprobada de vida en nuestra galaxia o más allá.

Parece haber cada vez más sitios potenciales para el desarrollo de la vida, pero ¿qué pasa con el desarrollo real de la vida



# Conclusiones

La Astrobiología intenta determinar si podría existir vida en otras partes del universo y, de ser así, en qué forma, para intentar responder a una pregunta existencial: ¿estamos solos en el universo?

Desde hace varias décadas, comprender la aparición de la vida en la Tierra es crucial para determinar si se trata de una coincidencia o de un fenómeno reproducible en condiciones y entornos específicos.



# Conclusiones

Esta comprensión es necesaria para sacar conclusiones sobre la posibilidad de que haya vida en otras partes del universo.

A pesar de los esfuerzos activos, aún no se ha llegado a tales conclusiones.



**¡Muchas gracias  
por su atención!**

