

Astrobiologia

Origen i evolució 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



Definició d'Exobiologia

L'exobiologia no és una disciplina sinó una activitat interdisciplinària al voltant de la qüestió de l'origen i evolució de la vida a la Terra i la seva possible presència en altres parts de l'Univers; abasta tots els camps interessats en aquesta qüestió, des de l'astronomia fins a la biologia, passant per la geologia i la química, però també la història i la filosofia de la ciència.



Etimologia: Exobiologia i Astrobiologia

Amb la carrera espacial i les primeres missions d'exploració lunar i marciana, apareix el risc de contaminació biològica.

Els científics suposaven que era poc probable que els microbis resistissin les condicions de l'espai.

Avui sabem que no és així i, per exemple, els tardígrads són capaços de resistir condicions extremes, incloses les de l'espai, i aquest no és un cas aïllat

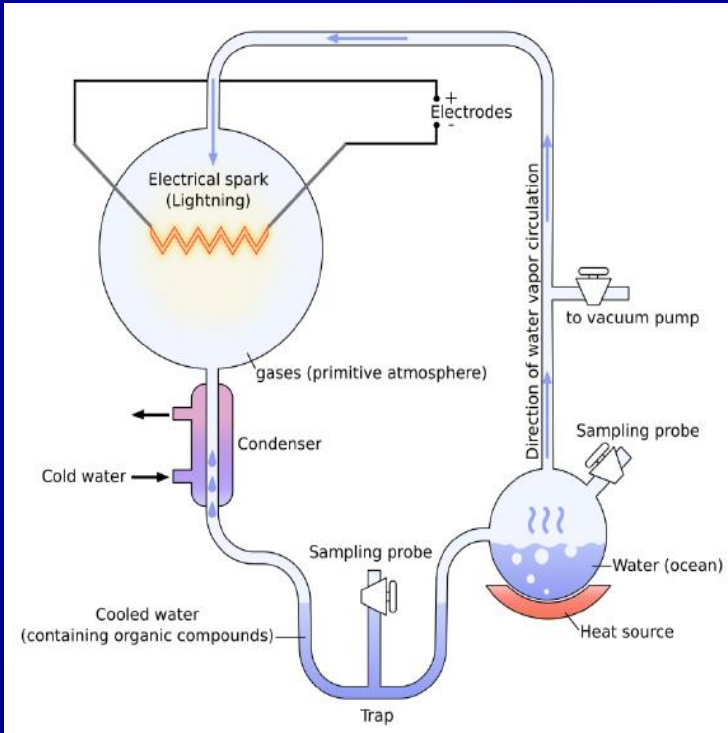


Ós d'aigua (tardigrado),
Hypsibius exemplaris, (Crèdits
B. Goldstein & V. Madden)

Etimologia: Exobiologia i Astrobiologia

Amb l'experiment pioner de Miller-Urey es van iniciar els estudis químics per a la **síntesi de les primeres molècules prebiòtiques al laboratori.**

Apareix una nova disciplina clau per a la recerca de l'origen de la vida a través de l'exploració espacial: l'Exobiologia, terme introduït per Joshua Lederberg el 1960.



Esquema de l' experiment de Miller-Urey.
(Crèdit: La Barre, S.)

La IAU va adoptar el terme "Astrobiologia" el 2015.



Objectius de l'Astrobiologia

- Definir què és la Vida,
- Determinar l' origen de la vida,
- Busca les seves empremtes més antigues,
- Comprendre els seus mecanismes d'evolució en la Terra.
- Cercar vida en l'univers.



Definir la Vida



Aquesta pregunta
requereix arguments
científics però també és un
tema filosòfic

La vida és una característica d'un organisme viu que el distingeix d'un organisme mort o d'un ésser no viu, específicament per la capacitat de

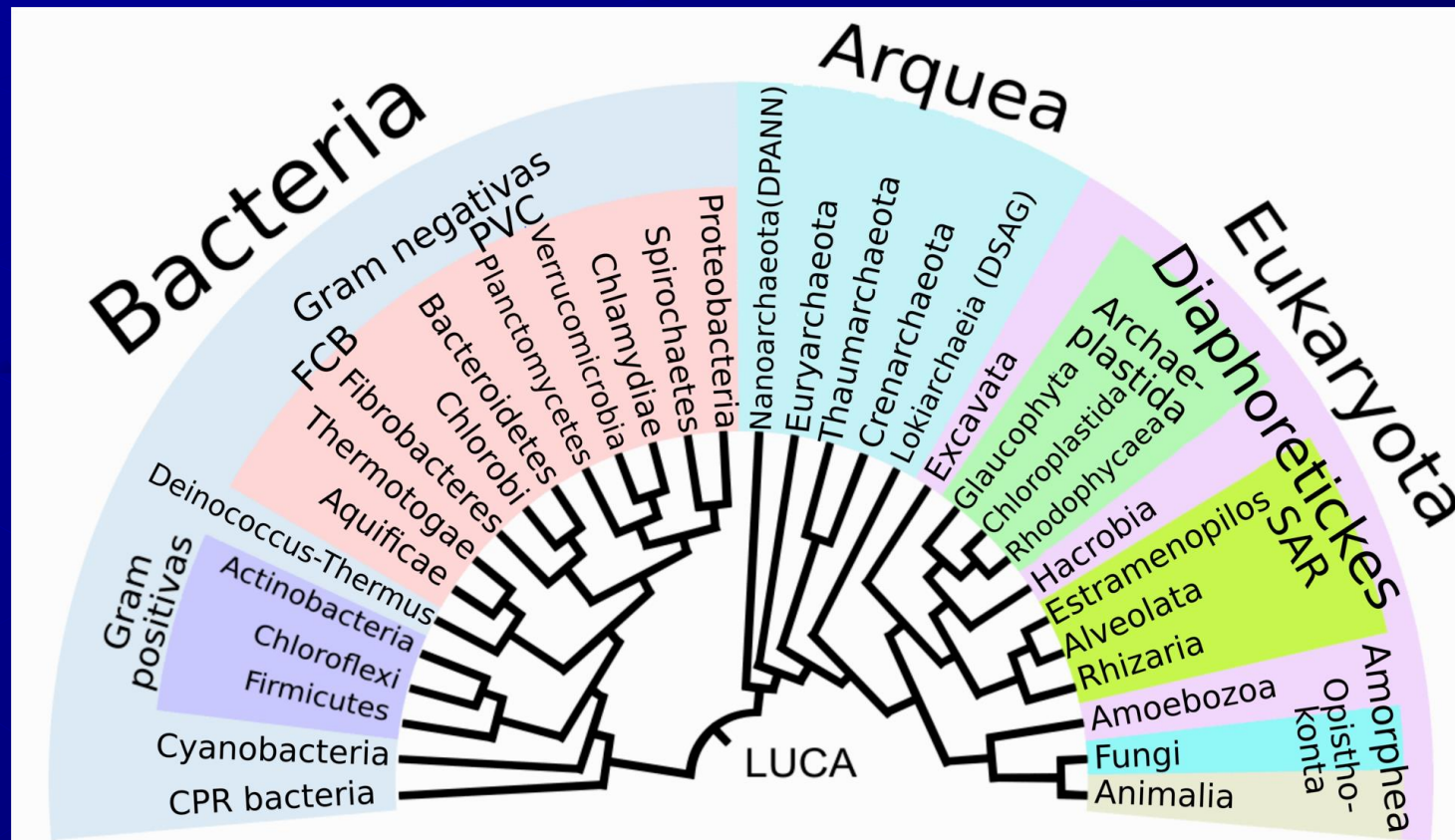
-
- **Créixer.**
- **Metabolitzar.**
- **Respondre a estímuls.**
- **Adaptar-se.**
- **Reproduir-se.**

Diversitat de les coses vives a la Terra

L'únic exemple conegut de vida, és la vida terrestre, l'Astrobiologia concentra gran part dels seus esforços a estudiar la vida terrestre en tots els entorns, especialment en els més extrems, com els manantials hidrotermals submarins, els llacs de salmorra o els llocs gelats. Aquest tipus d'entorn pot ser un bon anàleg de les ubicacions extraterrestres.

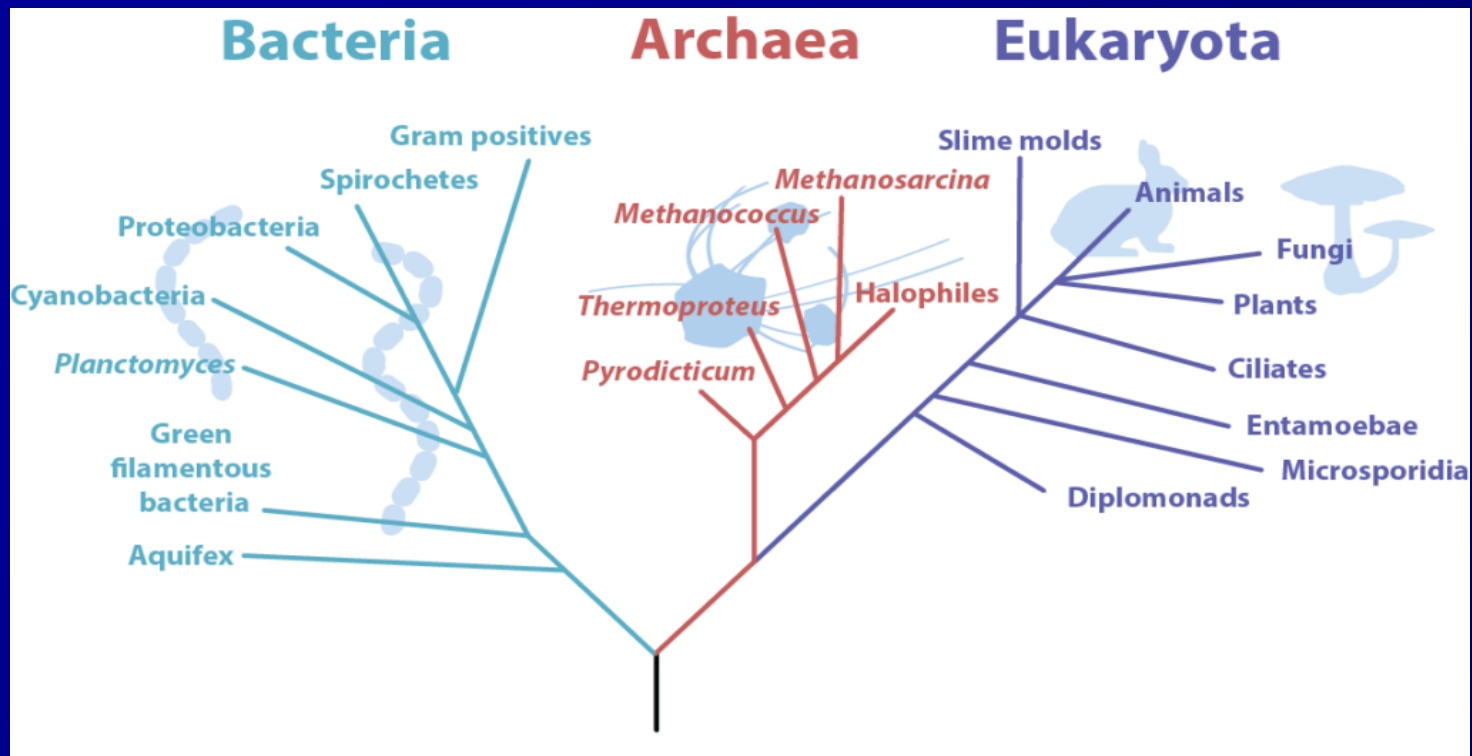


Per comprendre millor els límits dels organismes vius i els mecanismes que actuen en ambients extrems, els científics busquen determinar la diversitat filogenètica i metabòlica dels organismes vius.



(Crédito: Wikipedia)





(Crèdit: open.oregonstate.education)

Una de les branques de l'arbre de la vida que resulta d'especial interès són els arqueobacteris (o archaea), diferents dels bacteris procariòtics per la seva seqüència d'ARN ribosomal i particularment adaptades a ambients extrems (en termes de pressió, temperatura, salinitat, nutrients, etc).

Recerca dels rastres de vida més antics a la Terra: Dificultats

- 1) La Terra és un planeta "viu" (tectònica, erosió) i, per tant, ha evolucionat molt des de la seva formació fa 4.500 milions d'anys. Basant-se en la genealogia de les espècies, que els primers organismes vius van haver de ser éssers unicel·lulars semblants a bacteris.
- 2) Els organismes primitius havien de ser microscòpics. Els rastres més antics provats de vida a la Terra daten de 3.480 milions d'anys i van ser descoberts a Austràlia.
- 3) Dificultat en la interpretació i comparació amb sistemes abiòtics, que podrien haver format empremtes similars a firmes o morfologies biològiques.



La química prebiòtica i la transició del no viu al viu

Avui dia, en totes les espècies vives de la Terra, entre tota la diversitat existent, hi ha blocs elementals fets de C, H, N i O

Aquests blocs són les proteïnes, base de la replicació, l'ADN (àcid desoxirribonucleic), que transporta la informació genètica, i els amfífils, que constitueixen les parets cel·lulars per a la compartimentació

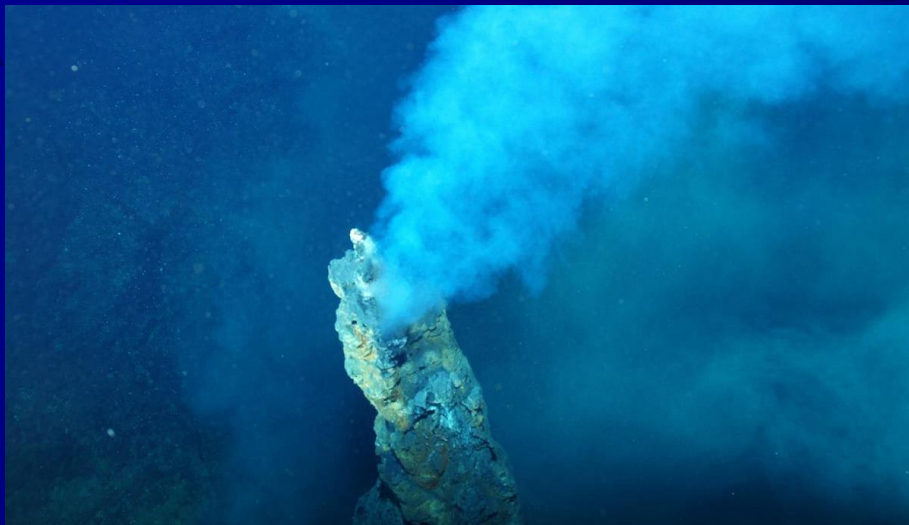
Els maons elementals que té tota espècie vivent de la Terra són, per tant, cinc tipus de molècules (els anomenats maons de vida), aminoàcids, bases nitrogenades, sucres, fòsfor, lípids (o àcids grassos).



La química prebiótica i la transició del no viu al viu



Aquests elements són essencials per a la vida terrestre i l' estudi del seu origen ens permet donar més limitacions a l' origen de la vida mateixa.

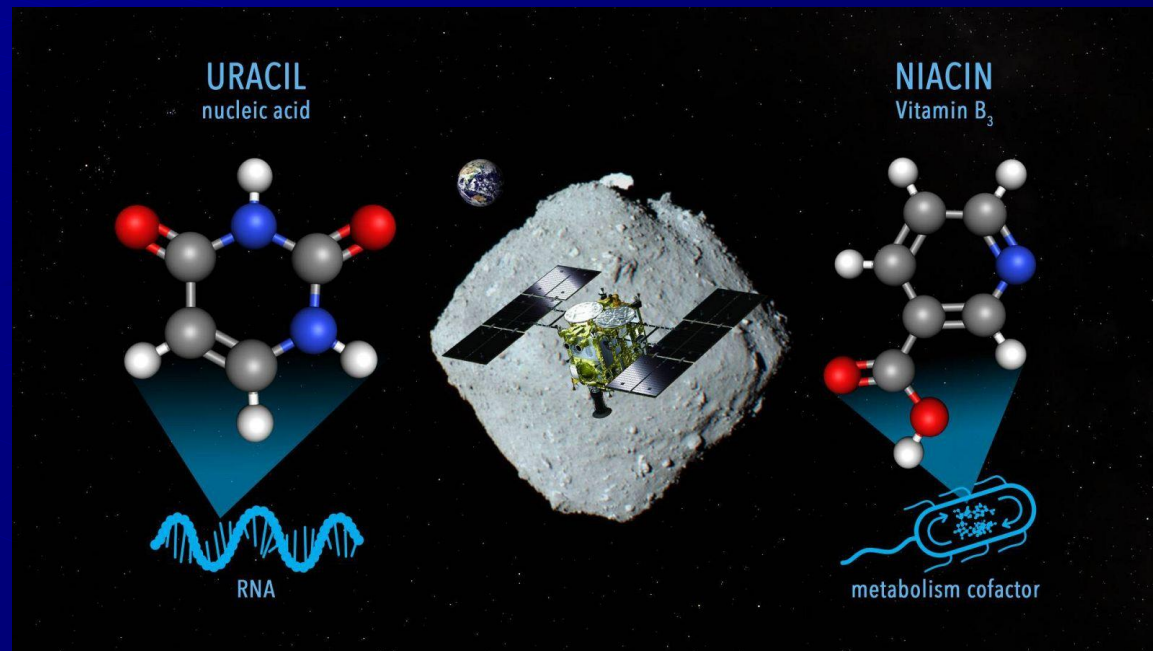


Abiòticament, aquestes molècules podrien haver-se format a l'atmosfera terrestre, però també en fonts hidrotermals.



La química prebiótica i la transició del no viu al viu

Una altra hipòtesi proposa que aquestes molècules podrien haver estat portades per objectes celestes (meteorits), procedents d'asteroides i cometes: els meteorits han demostrat tenir una gran riquesa orgànica.



Asteroide Ryugu
(Crèdit: NASA Goddard/JAXA/Dan Gallagher)

La química prebiòtica i la transició del no viu al viu

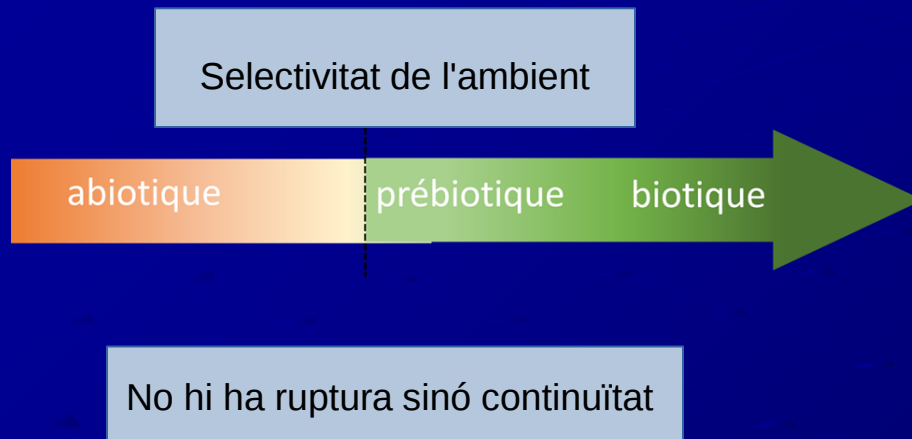


En caure a la Terra, els meteorits podrien haver transportat part de l'aigua i dels elements sideròfils que es troben a la seva superfície després de la diferenciació fa 4.500 milions d'anys.



Encara no s'ha trobat cap forma de vida en aquests objectes, però contenen milers de molècules tan diverses i variades com les necessàries en la síntesi ababriòtica.

La química prebiòtica i la transició del no viu al viu



No hi hauria una separació estricta entre un sistema abiòtic i el biòtic, sinó més aviat una continuïtat, passant per aquesta química prebiòtica.

Com i on va sorgir la vida a la Terra continua sent la qüestió exobiològica més complexa i les possibles vies químiques són tan nombroses que no és obvi que algun dia es trobi la resposta.

Recerca de vida arreu

La distribució química dels àtoms a l'Univers ha dirigit l'ús de carboni, nitrogen i oxigen per a la vida a la Terra. Seria lògic que aquests àtoms siguin els mateixos per a altres formes de vida en l'univers, però amb una estructura de molècules orgàniques possiblement diferent a la vida a la Terra.

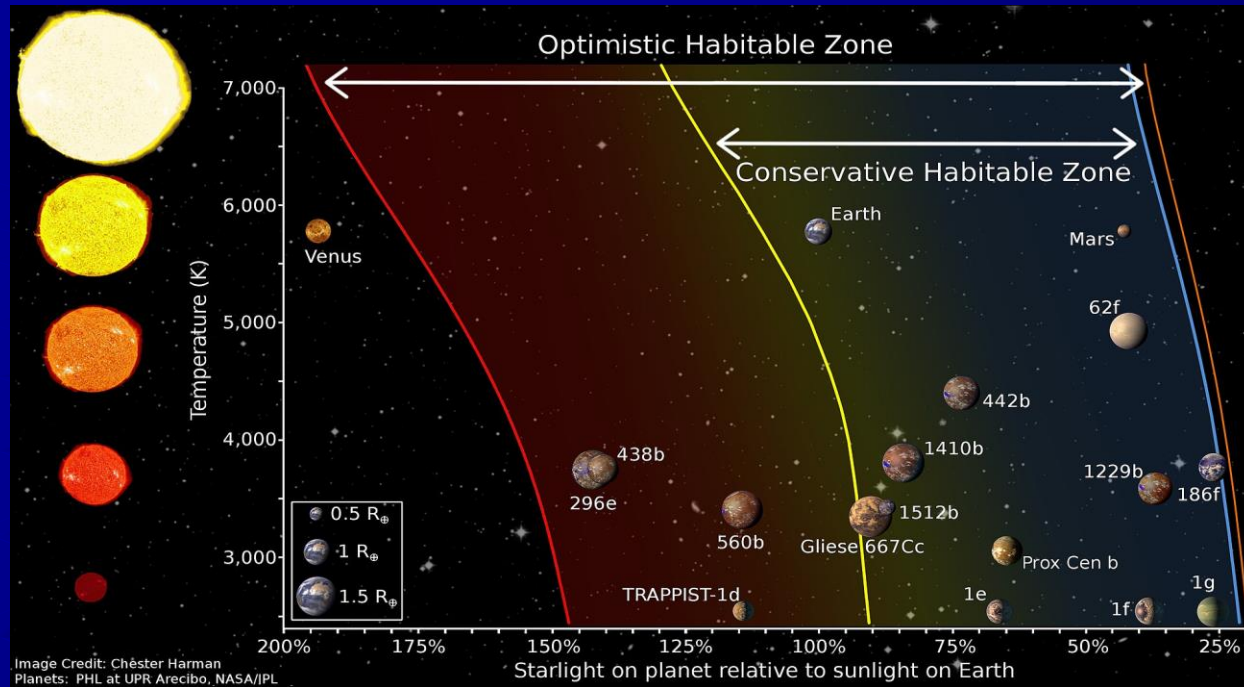


Nombre atomique Z

Per buscar vida en altres llocs cal saber què buscar i una de les bases de l'Astrobiologia, però també la seva debilitat, és la recerca de vida biològicament similar a la nostra.



Recerca de vida arreu

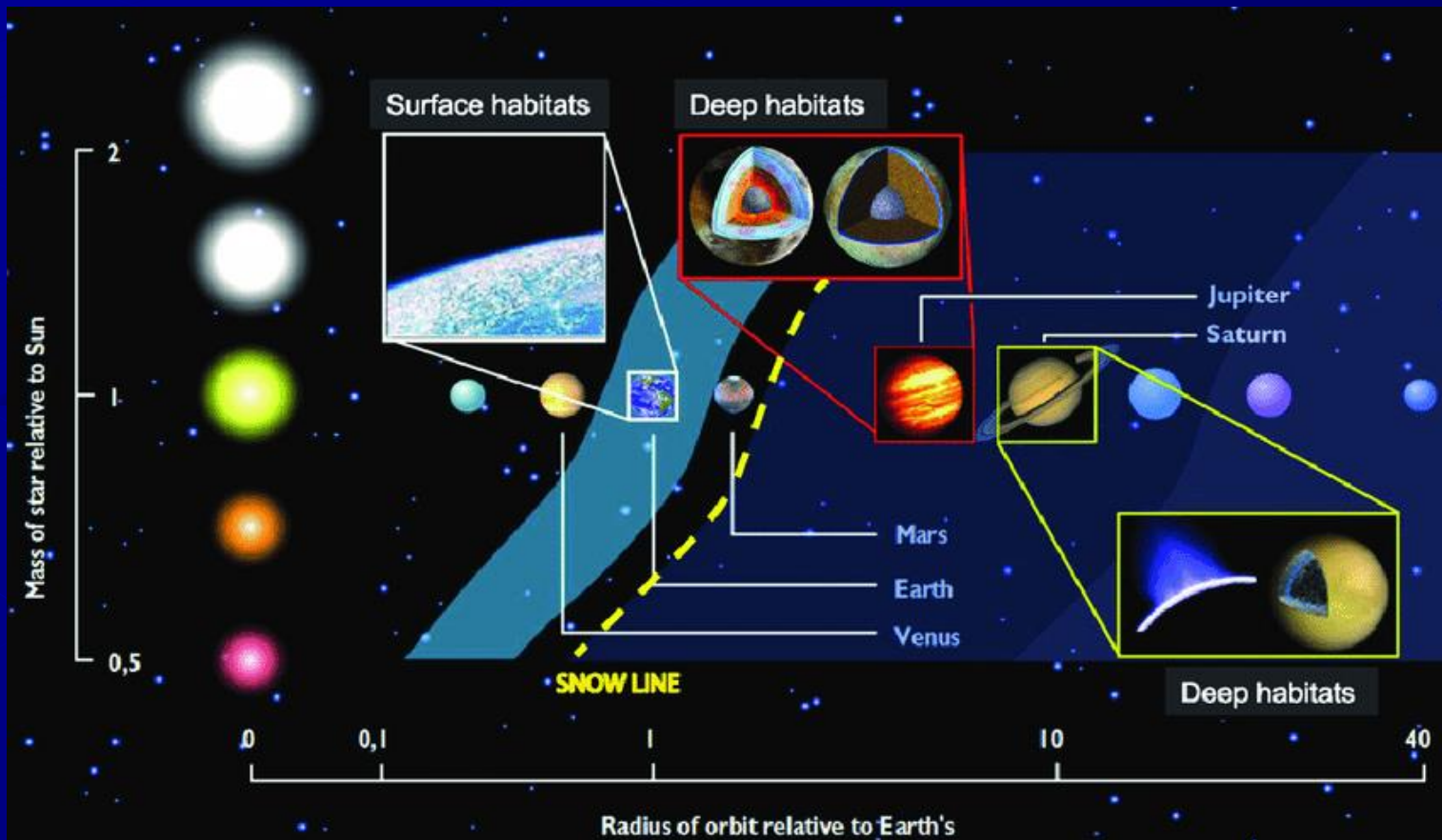


La noció d'habitabilitat és un tema debatut dins de la comunitat Astrobiològica, la seva definició està lligada a les condicions que van permetre el sorgiment i evolució de l'única vida (terrestre) que coneixem i res ens diu que avaluarem objectes habitables correctes considerant només aquestes condicions.



Recerca de vida arreu

L' extensió de la zona habitable a ambients subterranis és un exemple de la recerca sobre la possibilitat de vida en aquests ambients del sistema solar.

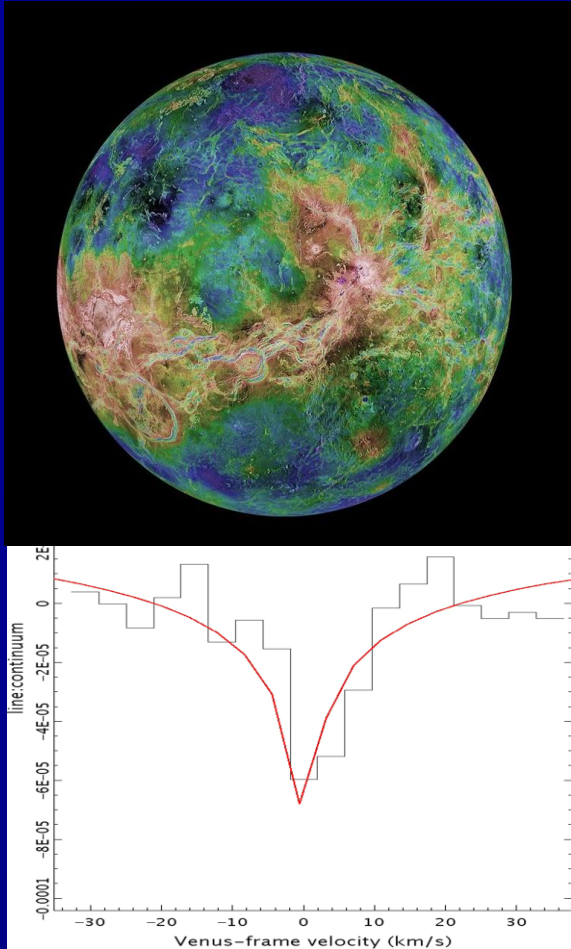


Cossos en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic

Els estudis en astrobiologia s'interessen llavors pel possible sorgiment de vida en aquests ambients, més enllà de la Terra, que han estat definits com a habitables



Planetes en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic: VENUS



El nostre "planeta germà", té una química orgànica relativament complexa, amb molècules de sofre i fòsfor en una atmosfera extremadament densa composta per més del 96% de CO₂.

No es troba a la zona habitable del sistema solar i manca d' un component essencial: l'aigua a la seva superfície.

Detecció aigua (HDO) a Venus

(Crèdit: Greaves, J.S., Richards, A.M.S., Bains, W. et al.)



Planetes en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic: VENUS

Venus es va beneficiar d'aportacions exògenes com la Terra després de la seva formació, va poder haver tingut aigua líquida a la seva superfície i una atmosfera rica en aigua fa 4.500 milions d'anys i durant algun temps.

En l'actualitat la seva superfície és només vulcanisme actiu amb temperatures al voltant de 460°C . Si la vida es va desenvolupar en el moment més favorable, es proposa que va sobreviure en forma demicroorganismes als núvols de la seva atmosfera, amb una temperatura de 75°C



Planetes en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic: MART

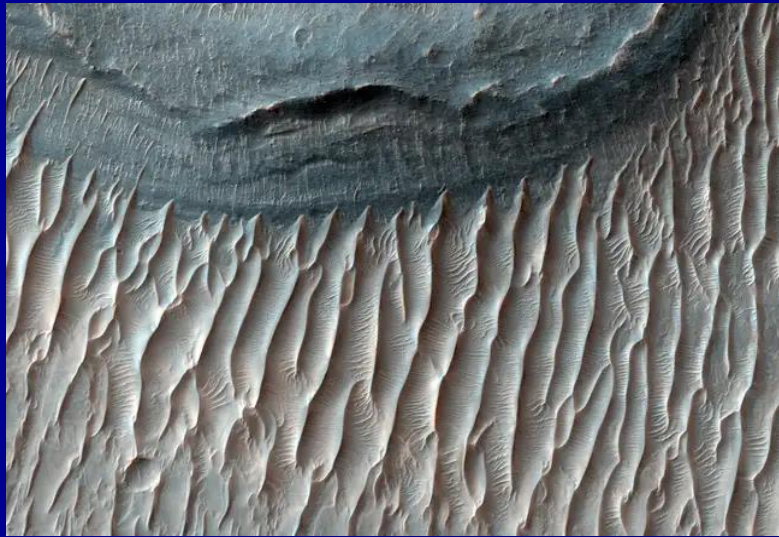


Aquest planeta ha estat proposat sovint com el millor lloc del sistema solar per haver tingut, o encara tenir, condicions per vida.

L'existència de vida microbiana ja es va considerar als anys 70 durant la preparació de la missió Viking: els mòduls d'aterratge estaven equipats amb instruments capaços de realitzar experiments destinats a posar en relleu la vida marciana, detectar l'activitat biològica fotosintètica o proporcionar nutrients als bacteris marciàns, amb respostes negatives.



Planetes en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic: MART



(Crèdit: Curiosity, NASA/JPL)

Els Vikings van confirmar la presència d'aigua líquida en el passat de Mart, observant canals, rius secs i valls dendrítiques.

L'aigua podria haver romàs a la seva superfície durant almenys mil milions d'anys i encara és present als minerals que actualment cobreixen la superfície.

Als pols hi ha gel d'aigua als casquets polars i se sospita que l'aigua és present en més quantitat a l'escorça marciana



Planetes en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic: MART

Dimarts és considerat des de fa molt de temps un planeta mort, però la vida podria haver-se desenvolupat alhora que a la Terra i potser persistir sota terra.

Trobar vida a Mart proporcionaria moltes respostes sobre l'aparició de vida al nostre planeta.

Si existís vida a Mart, fins i tot en forma de microorganismes, i atès que el planeta ja no és geològicament actiu, hauria de ser possible descobrir-la en forma d'empremtes fòssils a la superfície o fins i tot esperar que existeixi i hagi sobreviscut sota terra.



Planetes en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic: SATÈL·LITS

En les últimes dècades s'han descobert altres cossos habitables d'interès astrobiològic més enllà de la barrera dels asteroides, es tracta dels satèl·lits de planetes gasosos gegants.

Els planetes gegants tenen un interès limitat per a l'astrobiologia perquè no tenen superfícies i, per tant, no tenen roques.

Els seus satèl·lits, a més, són d'importància per comprendre l'origen i evolució del Sistema Solar



Satèl·lits en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic

Al voltant de Júpiter, són els seus satèl·lits els que interessen, en particular Ganímedes, Calisto i Europa

Encelado i Tità al voltant de Saturn. Revelats gràcies a la sonda Cassini-Huygens (1997-2017), que va visitar aquests mons durant 15 anys, aquests satèl·lits gelats sorprenen per la seva diversitat i l'abundància d'aigua líquida que contenen.

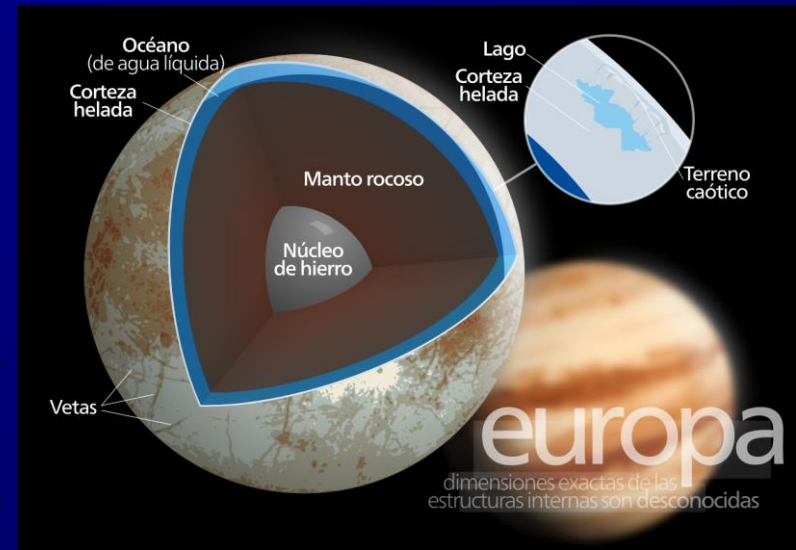


Satèl·lits en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic

Europa, contindria un oceà deu vegades més gran que el de la Terra, mentre que el satèl·lit és 3 vegades més petit que el nostre planeta

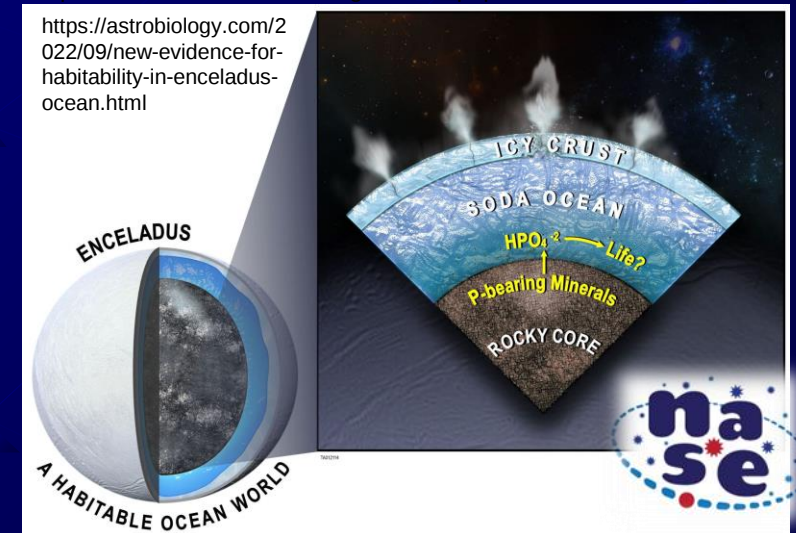
Encelado, el 2014 es van descobrir gèiseres d'aigua a la seva superfície, que s'estenen fins a 100 km sobre la seva superfície.

Aquesta observació ha revelat la presència d'un oceà sota la capa de gel.



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

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



Satèl·lits en el Sistema Solar i el seu interès astrobiològic: TITÀ

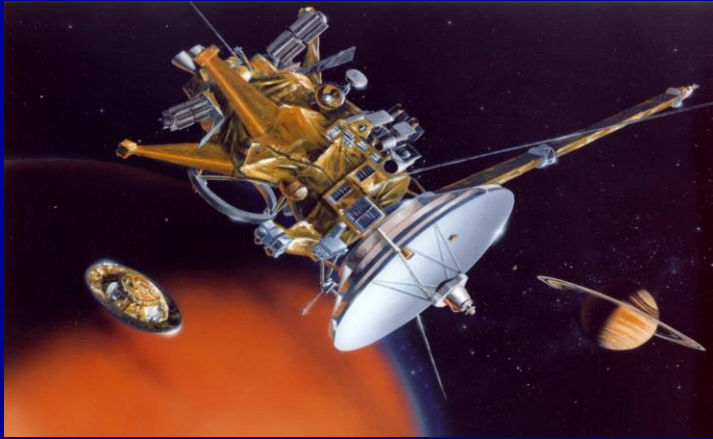
El satèl·lit més gran de Saturn, Tità, presenta una gran quantitat de matèria orgànica que es forma a la seva atmosfera.

El 1980 i el 1981, les sondes Voyager 1 i 2 van revelar una atmosfera extremadament densa composta principalment de nitrogen i metà.

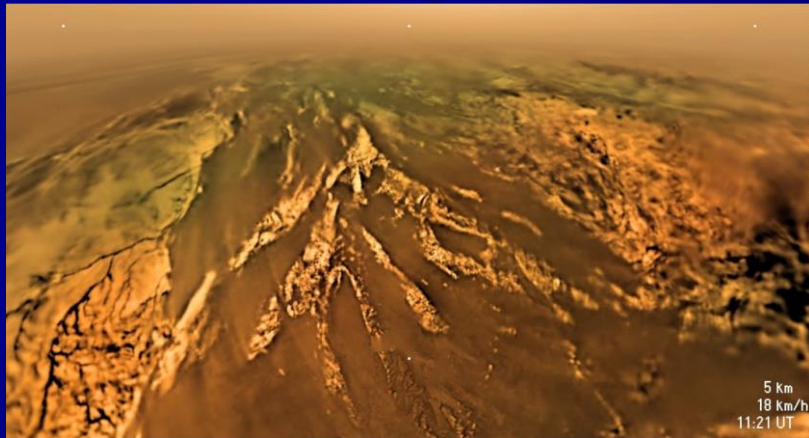
La química a l'atmosfera de Tità ha demostrat ser extremadament complexa, la qual cosa dona com a resultat la formació d'aerosols orgànics que es dipositen a superfície.



La missió Cassini-Huygens (1997-2017) va confirmar una química orgànica complexa a l'atmosfera de Tità.



Missió Cassini/Huygens (Crèdit: NASA)



Tità. (Crèdit: Cassini/Huygens, NASA)

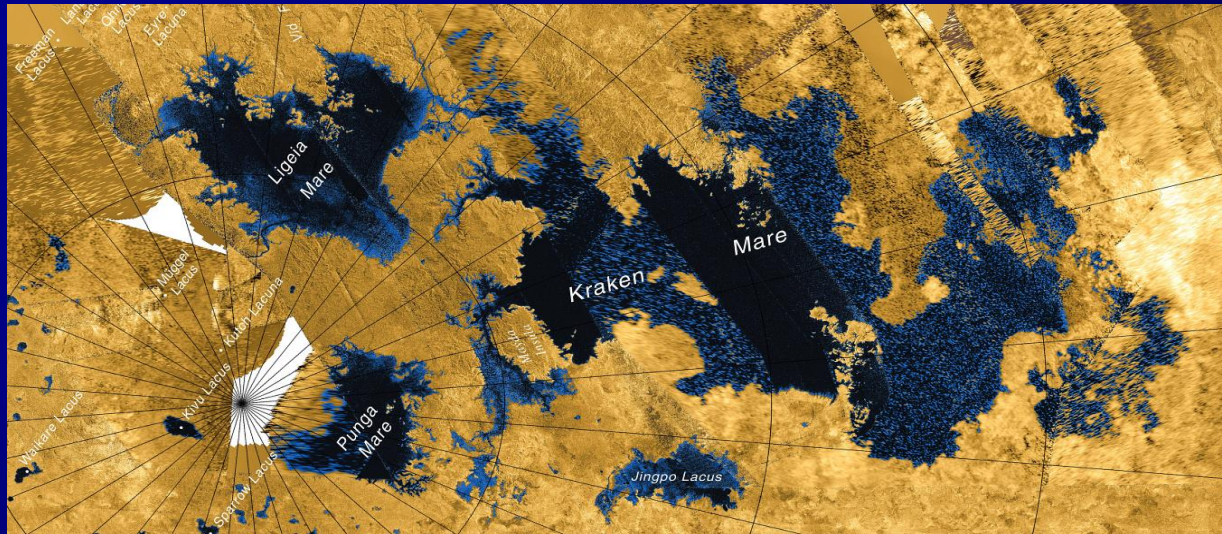
Es van obtenir impressionants imatges de la superfície coberta de grans orgànics, dunes i llacs d'hidrocarburs.

Els models astrofísics han proposat que Tità pot albergar un oceà d'aigua líquida sota la seva superfície i presenta tots els ingredients necessaris per al sorgiment d'una rica química prebiòtica i una possible forma de vida.



Els models geoquímics evolutius suggereixen que des del primer milió d'anys després de la formació de Tità, aquest oceà subterrani va estar en contacte amb l'atmosfera, en la qual s'haurien produït les primeres molècules complexes.

Per analogia amb la Terra, en aquest oceà de Tità es preveu la presència de fonts hidrotermals, que constitueixen una font d'energia per a les molècules orgàniques i un entorn potencial per als sistemes prebiòtics.



Més Enllà del Sistema Solar

S'han descobert i confirmat 5.500 exoplanetes (fins ara 2024) a la nostra galàxia. Ens ajuda a comprendre la formació del nostre Sistema Solar i això probablement sigui únic.

Amb l'estat actual del coneixement i els avenços en el camp de l'Astrobiologia, és molt difícil plantejar la hipòtesi d'un planeta habitat i la presència comprovada de vida a la nostra galàxia o més enllà.

Sembla haver-hi cada vegada més llocs potencials per al desenvolupament de la vida, però què passa amb el desenvolupament real de la vida?



Conclusions

L'Astrobiologia intenta determinar si podria existir vida en altres parts de l'univers i, si és així, en quina forma, per intentar respondre a una pregunta existencial: estem sols en l'univers?

Des de fa diverses dècades, comprendre l'aparició de la vida a la Terra és cabdal per determinar si es tracta d'una coincidència o d'un fenomen reproducible en condicions i entorns específics.



Conclusions

Aquesta comprensió és necessària per treure conclusions sobre la possibilitat que hi hagi vida en altres parts de l'univers.

Malgrat els esforços actius, encara no s'ha arribat a aquestes conclusions.



Moltes gràcies per
la seva atenció!

