

Astrobiología o la Ciencia de la Vida en Otros Mundos

POR JORGE ALFARO S.

Facultad de Física,PUC



Astrobiología

- Saber si estamos solos en el Universo es una pregunta que los hombres han planteado a través de la historia. Sólo recientemente, esta inquietud esencial ha atraído la atención de la comunidad científica y de los organismos de exploración espacial.
- Como muestra se puede visitar la página web de la NASA dedicada a Astrobiología.
<http://astrobiology.nasa.gov/>
- En esta charla, revisaremos los elementos científicos básicos requeridos para entender la búsqueda de vida extraterrestre.

Introducción

Durante el siglo XX:

- La Física dio una descripción precisa de los procesos atómicos y subatómicos.
- La biología fue descubriendo sus fundamentos físicos y químicos. Con el descubrimiento de la Doble Hélice del ADN por Watson y Crick nació la nueva ciencia de la biología molecular, permitiendo los desarrollos recientes en Ingeniería Genética que están cambiando nuestras vidas.
- Las nuevas técnicas han significado un gran avance en la Astronomía Observacional, permitiendo una comprensión detallada de los procesos físicos que generaron la evolución del Universo a partir del Big Bang, la creación de los elementos químicos en el plasma primordial y la formación de estrellas y planetas.

- Los ingredientes químicos necesarios para la vida en la Tierra, basada en el Carbono, son abundantes en vastas regiones del espacio extraterrestre, lo que plantea la posibilidad apasionante que la vida haya nacido espontáneamente en mundos alejados de la Tierra.
- Una vez que la vida comienza y si las condiciones ambientales lo permiten, ésta entra en un proceso natural de evolución, que implica una diversificación y complejidad crecientes, hasta producir seres inteligentes.
- La vida basada en el Carbono, único ejemplo que poseemos en la Tierra, puede no ser el tipo de vida dominante en otras partes del Universo.
- Es necesario comprender primero el tipo de vida que ya conocemos, de tal manera que un encuentro con otros tipos de vida pueda ser identificado, llegado el momento.

Efecto Doppler

- λ : Longitud de onda de la luz.

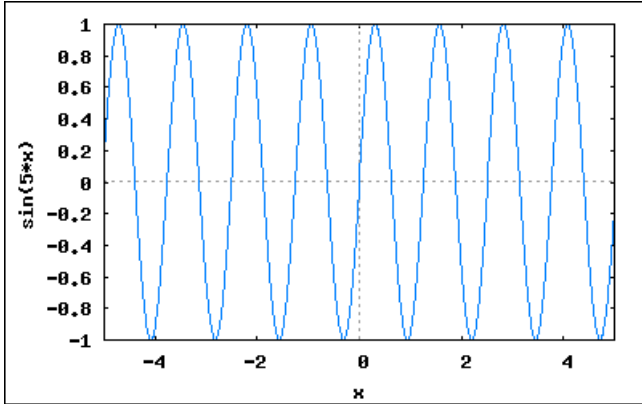
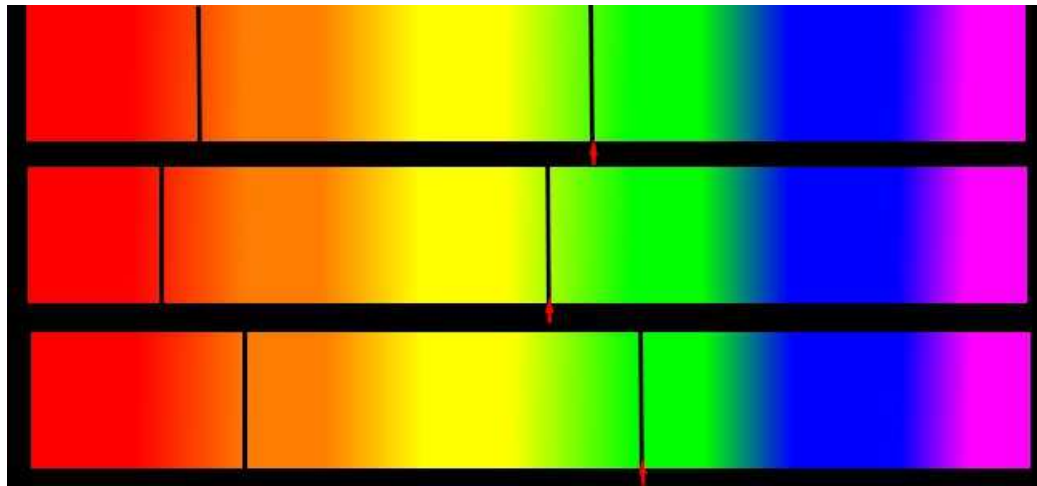


Figura 1.

- Cuando la fuente se aleja del observador con velocidad v

$$\lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$



La gráfica muestra un ejemplo del espectro de absorción de la luz de una estrella. Las dos líneas negras corresponden a luz que fue absorbida por átomos en la atmósfera de la estrella. El primer espectro corresponde a una estrella en reposo relativo a nosotros que observamos desde la Tierra. El segundo espectro corresponde a una estrella que se aleja de nosotros. Note como las líneas del espectro se corren hacia el rojo. Finalmente, el último espectro corresponde a una estrella que se acerca a nosotros. Note como las líneas del espectro se corren hacia el violeta.

La Química de la vida

- La característica más peculiar del átomo de carbono, que le distingue de los demás elementos (excepto el silicio) y que da cuenta de su papel fundamental en el origen y evolución de la vida, es su capacidad de compartir pares de electrones con otros átomos de carbono para formar enlaces covalentes carbono-carbono.
- Permite la formación de una amplia gama de ordenaciones estructurales de carbono, lineales, ramificadas, cíclicas o en forma de jaula, tachonadas con átomos de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y otros elementos capaces de formar enlaces covalentes .
- El silicio es el único elemento, junto con el carbono, que puede formar tales enlaces consigo mismo, con relativa estabilidad .
- Los compuestos silicio-silicio no permanecen inalterados en contacto de la atmósfera terrestre cargada de oxígeno . Se oxidan formando sílice (SiO_2), principal ingrediente de la arena y el cuarzo, pero que no es la clase de material capaz de dar sustento a la vida .
- Así, por lo menos en la Tierra, sólo el carbono es capaz de suministrar una base para los componentes moleculares de los seres vivos .

Proteínas

- Son las sustancias que componen las estructuras celulares y las herramientas que hacen posible las reacciones químicas del metabolismo celular.
- En la mayoría de los seres vivos (a excepción de las plantas que tienen más celulosa) representan más de un 50% de su peso en seco.
- Una bacteria puede tener cerca de 1000 proteínas diferentes, en una célula humana puede haber 10.000 clases de proteínas distintas.

Aminoácidos

- Los **aminoácidos** (aa) son moléculas orgánicas pequeñas con un grupo amino (**NH₂**) y un grupo carboxilo (**COOH**).
- La gran cantidad de proteínas que se conocen están formadas únicamente por 20 aa diferentes.
- Todas las proteínas son cadenas lineales compuestas de algunos de estos veinte amino-ácidos.
- Se conocen otros 150 que no forman parte de las proteínas.

Ácidos nucleicos

- Los **ácidos nucleicos** son macromoléculas, polímeros formados por la repetición de monómeros llamados nucleótidos.
- Se forman, así, largas cadenas o polinucleótidos, lo que hace que algunas de estas moléculas lleguen a alcanzar tamaños gigantes (de millones de nucleótidos de largo).
- Existen dos tipos de ácidos nucleicos: ADN (ácido desoxirribonucleico) y ARN (ácido ribonucleico).

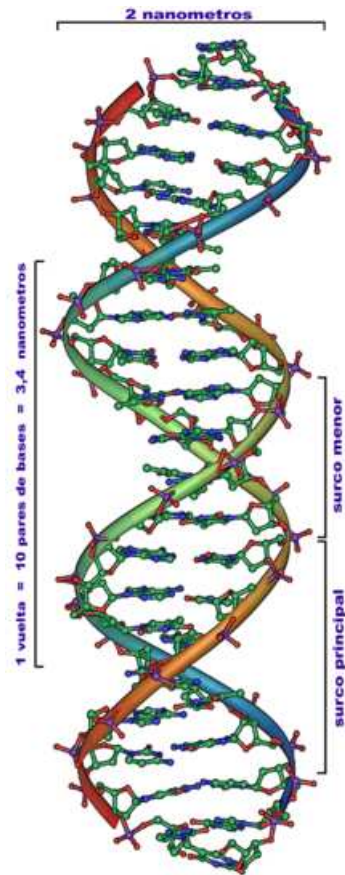
Listado de nucleótidos

- Adenina, presente en ADN y ARN.
- Guanina, presente en ADN y ARN.
- Citosina, presente en ADN y ARN.
- Timina, exclusivo del ADN.
- Uracilo, exclusivo del ARN.

ADN

- El ADN es bicatenario, está constituido por dos cadenas polinucleotídicas unidas entre sí en toda su longitud.
- Esta doble cadena puede disponerse en forma lineal (ADN del núcleo de las células eucarióticas) o en forma circular (ADN de las células procarionóticas, así como de las mitocondrias y cloroplastos eucarióticos).
- La molécula de ADN porta la información necesaria para el desarrollo de las características biológicas de un individuo y contiene los mensajes e instrucciones para que las células realicen sus funciones.

- La proporción de G es siempre la misma que la de C en el ADN y las proporciones de A son siempre las mismas que las de T. De tal forma que la composición de cualquier ADN puede ser descrita por la proporción de sus bases C+G la cual varía entre 26 y 74 % dependiendo de la especie.



ARN

- El ARN difiere del ADN en que la pentosa de los nucleótidos constituyentes, es ribosa en lugar de desoxirribosa, y en que en lugar de las cuatro bases A, G, C, T aparece A, G, C, U (es decir, uracilo en lugar de timina).
- Mientras que el ADN contiene la información, el ARN expresa dicha información, pasando de una secuencia lineal de nucleótidos, a una secuencia lineal de aminoácidos en una proteína.

Origen de los elementos necesarios para la vida

- Nucleosíntesis de elementos livianos:
 - A medida que el Universo se expande y enfría, protones y neutrones colisionan formando núcleos.
 - En los primeros tres minutos aproximadamente, alrededor de una cuarta parte del material bariónico primordial se convirtió en núcleos de helio, compuestos cada uno por dos protones y dos neutrones.
 - Menos del 1% del material bariónico primordial se convirtió mediante nucleosíntesis en pequeñas cantidades de otros elementos ligeros, en particular deuterio y litio.
 - Esta mezcla constituyó la materia prima a partir de la cual se formaron las primeras estrellas.

- En las estrellas:
 - Las estrellas emiten radiación porque hay suficiente calor y densidad en su interior como para permitir la fusión nuclear.
 - La fusión consiste en fundir elementos ligeros para producir otros más pesados, con la consiguiente emisión de energía.
 - Esta liberación de energía en el núcleo produce, a su vez, la presión necesaria para contrarrestar la gravedad de las capas externas de la estrella que "aplastan" este núcleo, alcanzándose un equilibrio.
 - El primer elemento que fusionan las estrellas es el hidrógeno, el más abundante del Universo, dando como resultado helio.
 - Esta situación se puede mantener durante miles de millones de años. Nuestro Sol, por ejemplo, realiza en estos momentos esta reacción.
 - Una vez fusionado todo el hidrógeno la estrella entra en crisis al no poder mantener el equilibrio de presiones en su núcleo.
 - La gravedad contrae el núcleo estelar, con lo cual, aumenta su temperatura. Esto provoca el encendido de la fusión del hidrógeno en una capa delgada en torno al núcleo. Como consecuencia la estrella expande sus capas externas. A esta nueva situación se le denomina

fase de Gigante Roja.

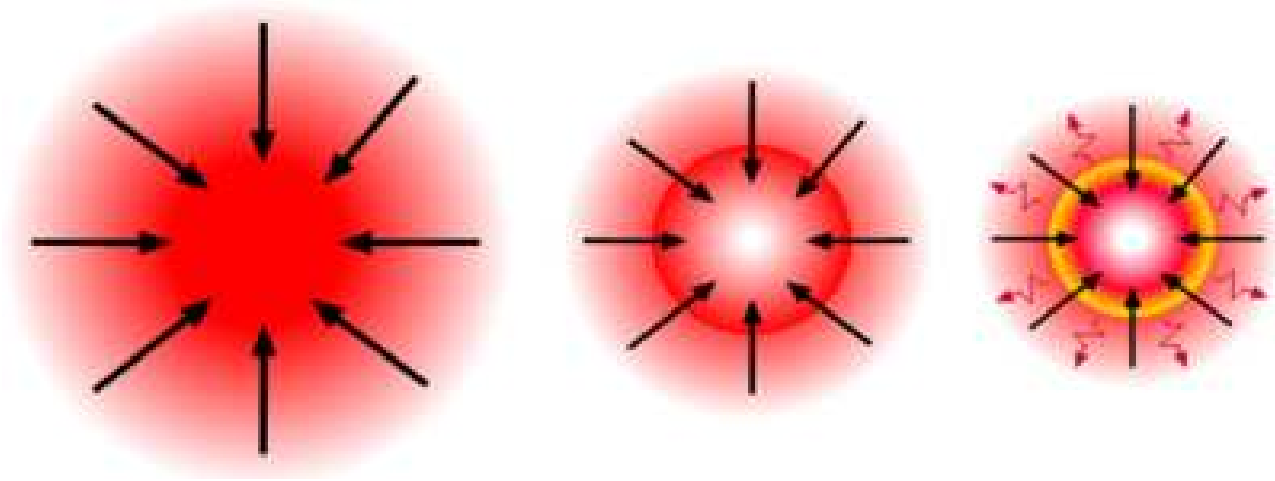
- Sólo cuando el núcleo alcanza la temperatura suficiente (cuanto más pesados son los átomos más temperatura se necesita para fusionarlos), el helio comienza a fusionarse para dar elementos más pesados como el carbono o el oxígeno.
- En las estrellas masivas este ciclo se repite muchas veces: las cenizas de un proceso son el combustible del proceso siguiente.
- Por ejemplo, el helio, las cenizas del primer proceso de fusión, es luego el combustible para producir carbono y oxígeno. De esta manera se van produciendo elementos cada vez más pesados.
- El proceso se detiene cuando se llega al hierro. El hierro es un átomo muy estable cuya fusión no puede realizarse debido a que se trata de un proceso endotérmico en vez de exotérmico, como eran hasta ahora todas las reacciones de fusión que hemos descrito.
- En el caso de estrellas de masa pequeña o intermedia la secuencia se detiene en el carbono y el oxígeno antes de alcanzar el hierro.
- **En la explosión de una supernova:**
 - Durante una explosión de supernova es posible crear elementos más pesados que el hierro.

- Esto se basa en un proceso llamado proceso-r (la r viene de rápido).
- En el momento de la explosión hay tantos neutrones, los isótopos creados pueden capturarlos y de esta forma se forman elementos más allá del hierro (elementos transféricos).
- Una explosión de supernova es importante no solamente porque ahí es en donde se crean muchos elementos pesados, sino que gracias a esta misma explosión estos elementos se esparcen por el medio interestelar.
- Las capas externas de la supernova, que contienen una mezcla de todos los elementos formados a lo largo de la vida de la estrella, salen expulsadas a miles de kilómetros por segundo.
- Esto contribuye al enriquecimiento químico de las galaxias. Todos los elementos químicos que vemos a nuestro alrededor (excepto el hidrogeno y parte del helio) fueron formados en el centro de las estrellas, y expulsados al medio circundante durante las etapas finales de su vida.
- Los elementos que forman nuestros cuerpos no fueron creados por el Sol, sino por la explosión de una supernova anterior.

FORMACION DE ESTRELLAS Y PLANETAS

Estrellas

- Si en una cierta región del espacio se produce un aumento de densidad de materia, éste tiende a crecer por atracción gravitacional de la materia de su entorno.
- Si la materia acumulada a través de este proceso es adecuada (del orden de la masa del Sol o más), en la región central del cúmulo de masa la presión aumenta enormemente, lo que produce un aumento de temperatura, la que puede alcanzar varios millones de grados.
- Lo que desata las reacciones nucleares que dan lugar a una estrella, creando elementos más pesados a partir de elementos más livianos (fusión nuclear).
- Este proceso genera una gran cantidad de energía, debido a la transformación de masa en energía condensada en la fórmula de Einstein $E = mc^2$.



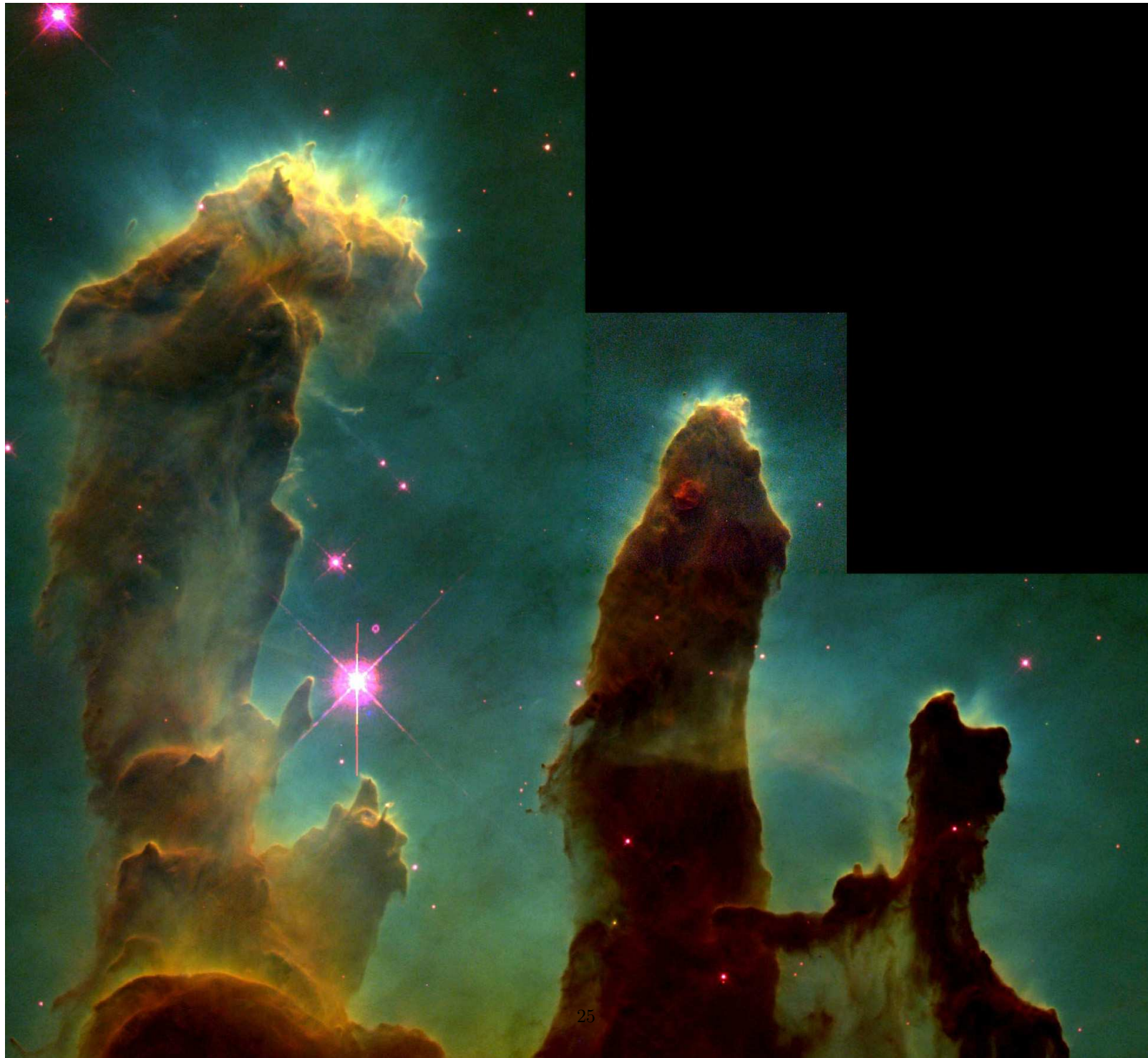
-
- En un primer momento, la nube colapsa y la radiación escapa libre. En la segunda etapa se forma un núcleo más denso y opaco a la radiación lo cual hace que se caliente. Finalmente, la caída de material sobre ese núcleo calienta su superficie por lo que la protoestrella empieza a emitir radiación.

Nébula Planetaria

- Al concentrarse una cantidad de masa para formar una estrella, la masa pasa de tener un radio de algunos años-luz al tamaño de una estrella, del orden de 1 millón de km.
- La velocidad angular de rotación ω crece fuertemente. Esto implica la formación de un disco, que se desprende del centro debido a la enorme rotación, dando origen a los planetas.



Imagen tomada por el telescopio espacial Hubble del disco protoplanetario ubicado en la nebulosa de Orión. Tiene varios años-luz de radio y es muy similar a la nebulosa primordial que dió origen al Sistema Solar.



Pilares de gas molecular en la nebulosa del àguila. Algunas estrellas están aún formándose en su interior.

LA EDAD DE LA TIERRA, LOS METEORITOS Y LA LUNA

- CUADRO 3. Edad de la Tierra

Método	Edad en millones de años
Salinidad del océano	100
Razones de sedimentación	80 - 120
Enfriamiento de la tierra	20 - 100
Roca más antigua	3 980
Plomo en minerales terrestres	4 600

- CUADRO 4. Edad de algunas rocas lunares

Material Edad (miles de millones de años)

Polvo lunar

4.6

Basaltos (Apolo 11, Mar de
la tranquilidad)

3.76

Basaltos (Apolo 12,

Mar de las tormentas)

4.6

Granitos (Apolo 12)

4.52

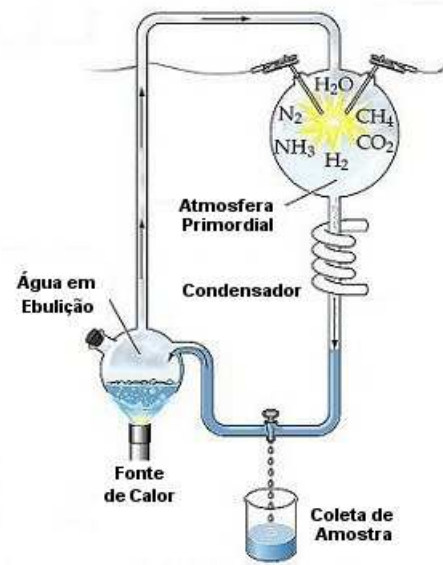
- Podemos concluir esta sección resumiendo que la Tierra, la Luna, los meteoritos y casi seguramente todos los cuerpos del Sistema Solar tienen la misma edad: unos 4 600 millones de años.

Teoría del Impacto Gigante sobre el Origen de la Luna.

- Las cosas dieron un vuelco muy interesante a comienzos de los años 70: los cientos de kilos de rocas lunares traídas por las seis misiones Apolo, entre 1969 y 1972, echaron algo de luz al oscuro enigma lunar.
- Los análisis químicos de esas preciosas piedras revelaron poco o nada de hierro, pero también una notable ausencia de agua unida a los minerales, y una baja cantidad de elementos volátiles en general (como potasio y plomo).
- Eso parecía delatar que las rocas de la Luna habían soportado un calentamiento extremo. Como si se hubiesen forjado en un escenario violento e infernal.
- En 1974, los astrónomos William Hartmann y Donald Davis, del Instituto de Ciencias Planetarias de Tucson, propusieron la Teoría del Impacto Gigante:
- Un planeta del tamaño de Marte chocó con la Tierra, expulsando parte de su superficie para formar la Luna.

Origen de la vida

- La opinión más extendida en el ámbito científico establece la teoría de que la vida evolucionó de la materia inerte en algún momento entre hace 4.400 millones de años, y 2.700 millones de años, cuando los minerales y sedimentos que se produjeron en esa época y los biomarcadores moleculares indican que ya existía la fotosíntesis.
- Los experimentos de Miller(1953):
 - El experimento usó una mezcla altamente reducida de gases (metano, amoníaco e hidrógeno), sometida a descargas eléctricas o radiación UV.
 - Mostró que algunos de los monómeros orgánicos básicos (como los aminoácidos) que forman los ladrillos de los polímeros de la vida moderna se pueden formar espontáneamente.



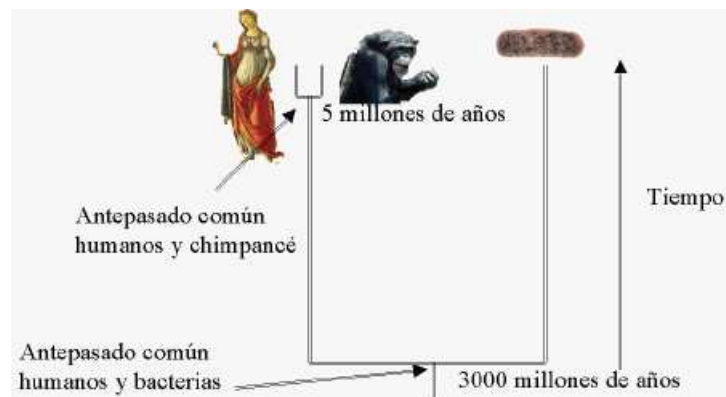
- La hipótesis del hierro-sulfuro(2002):
 - Las primeras formas celulares de vida pudieron haber evolucionado dentro de las llamadas "chimeneas negras" en las profundidades donde se encuentran las zonas de expansión del fondo oceánico.
 - Energía química, sin luz.



- Teoría de la playa radioactiva:
 - Procesos mareales mayores que los actuales producidos por una luna situada a una distancia mucho menor podrían haber concentrado partículas radiactivas de uranio y otros elementos radiactivos en la marea alta en las playas primordiales donde debieron haber sido los responsables de generar los componentes elementales de la vida.
 - Esta arena radiactiva proporciona suficiente energía para generar moléculas orgánicas, como aminoácidos y azúcares a partir de acetonitrilo procedente del agua.

La evolución biológica

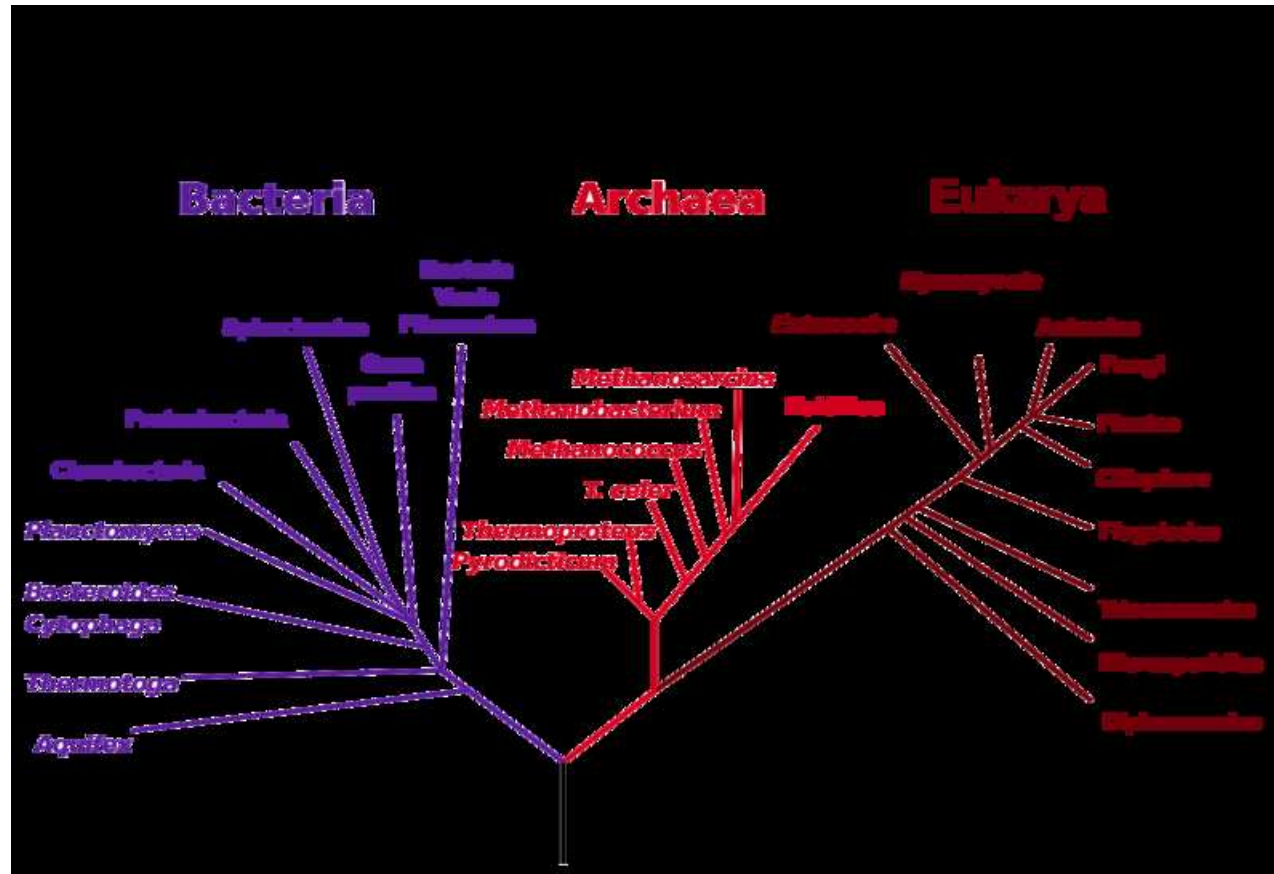
- Los organismos biológicos se agrupan en unidades naturales de reproducción que denominamos especies.
- Las especies que ahora pueblan la Tierra proceden de otras especies distintas que existieron en el pasado, a través de un proceso de **descendencia con modificación**.
- La evolución biológica es el proceso histórico de transformación de unas especies en otras especies descendientes, e incluye la extinción de la gran mayoría de las especies que han existido.



- La idea de evolución por modificación y derivación de nuevas especies implica la existencia de antepasados comunes para cualquier par de especies. Hay un antepasado común del hombre y el chimpancé, y del hombre y las bacterias.

- **Cronología de siete momentos estelares de la evolución:**
 - Origen de la célula procariota 3600 M (M=Millones de años)
 - Origen de la célula eucariota 1400 M
 - Origen de la fauna de animales pluricelulares 650 M
 - Fauna de la explosión cámbrica 570 M
 - Origen de los vertebrados terrestres 360 M
 - Extinción de los dinosaurios. La antorcha pasa de los dinosaurios a los mamíferos 65 M
 - Origen de Homo sapiens 0,1 M.
- **Árbol filogenético Universal:**
 - El análisis molecular de secuencias de ADN nos ha enseñado que hay una división en la raíz misma del árbol de la vida que es más fundamental que la división de 5 reinos que se enseña normalmente.
 - En lugar de los dos tipos celulares canónicos, los procariotas y eucariotas, hay tres tipos principales de células, las [arqueobacte-](#)

rias, las eubacterias y los eucariotas.



-
- El árbol filogenético parece decirnos que nuestro último ancestro común puede haber sido similar a los organismos amantes del calor que utilizando energía química viven en los tubos hidrotérmicos del fondo de los mares.

Los organismos extremófilos

- Durante mucho tiempo se pensó que era imposible encontrar algún organismo que viviera en sitios con condiciones extremas, inhabitables para la gran mayoría de los organismos conocidos: temperaturas superiores a 80°C, presiones aplastantes, oscuridad total, altas concentraciones de sales o minerales, ambientes muy ácidos, o sitios de temperaturas extremadamente bajas.



- La imagen superior muestra un respiradero "chimenea", captada por un sumergible de gran profundidad.

- En lugar de la fotosíntesis, los microorganismos que viven dentro y alrededor de los oscuros respiraderos obtienen compuestos orgánicos mediante un proceso llamado quimiosíntesis, a partir de sustancias simples que se originan dentro de la misma Tierra, en el agua que surge del suelo marino.
- El agua negra supercalentada que emana del respiradero, provee de compuestos químicos energéticos que sustentan a los gusanos-tubos (foto inferior) y otros organismos que se desarrollan en este hábitat.
- Los extremófilos se encuentran en los géiseres o chimeneas negras de los fondos de los océanos, donde se expulsa agua a más de 200°C a una profundidad tal que soportan una presión extrema
- En las salinas o el Mar Muerto, donde la concentración de sal supera varias veces la concentración normal para el desarrollo de vida.
- Otros extremófilos son los que viven en minas o plantas de desechos

industriales, y que pueden obtener energía a partir de compuestos inorgánicos con azufre o hierro.

- Entre los descubrimientos recientes más importantes para la astrobiología está el hallazgo de formas de vida profundamente enterradas que parecen desarrollarse independientemente de la biósfera superficial conocida, que está animada por la luz solar.
- Estos microorganismos, descubiertos en agua subterránea caliente a 2.8 km de profundidad en una mina de oro de Sudáfrica, obtienen su energía en última instancia a partir de compuestos químicos -hidrógeno y sulfatos- producidos por un lento decaimiento de elementos radioactivos en las rocas.
- La existencia de una comunidad microbiana profundamente subterránea en la Tierra plantea que podrían existir biósferas aisladas semejantes en otros planetas, como Marte, a pesar de las condiciones hostiles reinantes en sus superficies.

Marte

- El día solar tiene en Marte una duración de 24 h 39 min 35,3 s.
- El año marciano dura 687 días terrestres.
- Sus principales características, en proporción con las del globo terrestre, son las siguientes: diámetro 53%, superficie 28%, masa 11%.



● Valle Marineris

- La atmósfera de Marte es muy tenue con una presión superficial de sólo 7 a 9 hPa frente a los 1033 hPa de la atmósfera terrestre.
- Su composición es fundamentalmente: dióxido de carbono (95,3%) con un 2,7% de nitrógeno, 1,6% de argón y trazas de oxígeno molecular (0,15%) monóxido de carbono (0,07%) y vapor de agua (0,03%).
- El contenido de ozono es 1000 veces menor que en la Tierra, por lo que esta capa, que se encuentra a 40 km de altura, es incapaz de bloquear la radiación ultravioleta.

- Todo permite suponer que entre los granos del suelo existe agua congelada, fenómeno que, por lo demás, es común en las regiones muy frías de la Tierra.
- El 31 de julio de 2008 la NASA confirma que una de las muestras de suelo marciano introducidas en uno de los hornos del TEGA (Thermal and Evolved-Gas Analyzer), un instrumento que forma parte de la sonda, contenía hielo de agua.
- Clima:
 - Tendríamos en Marte tres eras.
 - Durante los primeros 1000 millones de años un Marte calentado por una atmósfera que contenía gases de efecto invernadero suficientes para que el agua fluyese por la superficie y se formaran arcillas, la era Noeica que sería el anciano reducto de un Marte húmedo y capaz de albergar vida.
 - La segunda era duró de los 3800 a los 3500 millones de años y en ella ocurrió el cambio climático.
 - La era más reciente y larga que dura casi toda la historia del planeta y que se extiende de los 3500 millones de años a la actualidad con un Marte tal como lo conocemos en la actualidad frío y seco.

- Vida:
 - Trazas de gas metano fueron detectadas en la atmósfera de Marte en 2003, lo cual es considerado un misterio, ya que bajo las condiciones atmosféricas de Marte y la radiación solar, el metano es inestable y desaparece después de varios años, lo que indica que debe de existir en Marte una fuente productora de metano que mantiene esa concentración en su atmósfera, y que produce un mínimo de 150 toneladas de metano cada año.
 - En el pasado existió agua líquida en abundancia y una atmósfera más densa y protectora; éstas son las condiciones que se creen más favorables que hubo de desarrollarse la vida en Marte.



- Tierra y Luna vistas desde Marte. Imagen del Mars Global Surveyor de Mayo 8, 2003 13:00 UTC. Sudamérica es visible.

Titán

- Titán es el satélite más grande de Saturno y el segundo satélite más grande del Sistema Solar.
- Posee un diámetro de 5150 km y es la única luna del Sistema Solar que cuenta con una atmósfera significativa.
- La atmósfera de Titán, densa y anaranjada se compone principalmente de nitrógeno y es rica en metano y otros hidrocarburos superiores.
- Precisamente su composición química se supone muy similar a la atmósfera primitiva de la Tierra en tiempos prebióticos.
- Las temperaturas de cerca de 90 K deberían haber preservado un entorno muy similar al de la primitiva Tierra razón por la cual Titán ha sido objeto de un gran número de estudios científicos.

- La sonda Huygens de la misión espacial Cassini/Huygens aterrizó en Titán el 14 de enero 2005 y ha aumentado sustancialmente nuestro conocimiento de Titán.
- La atmósfera está compuesta en un 94% de nitrógeno y es la única atmósfera rica en nitrógeno en el sistema solar, aparte de nuestro propio planeta, con rastros significativos de varios hidrocarburos que constituyen el resto (incluyendo metano, etano, diacetileno, metilacetileno, cianoacetileno, acetileno, propano, junto con anhídrido carbónico, monóxido de carbono, cianógeno, cianuro de hidrógeno, y helio).
- Se piensa que estos hidrocarburos se forman en la atmósfera superior de Titán en reacciones que son el resultado de la disociación del metano por la luz ultravioleta del Sol produciendo una bruma anaranjada y espesa.

- El metano cumple el papel del agua en la Tierra, forma nubes en su atmósfera. Cuando condensa sobre los aerosoles forma una lluvia de metano con partículas que llena los torrentes con un material negro que fluye.
- Pero ahora los cañones y los lagos en la zona dónde aterrizó la sonda Huygens(2005) están secos porque el metano al igual que el agua en la Tierra se infiltra bajo el suelo de Titán y deja en la superficie restos de materia orgánica cubriéndolo de una especie de alquitrán.



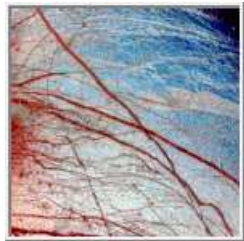
- Imagen de la superficie de Titán tomada por la Huygens

Europa

- Europa es una luna del planeta Júpiter, la menor de los cuatro satélites galileanos.
- La composición grosso modo de Europa es parecida a la de los planetas terrestres, estando compuesta principalmente por rocas silíceas.
- Tiene una capa externa de agua de unos 100 km de espesor (parte como hielo en la corteza, parte en forma de océano líquido bajo el hielo).
- Datos recientes sobre el campo magnético observado por la sonda Galileo indican que Europa crea un campo magnético a causa de la interacción con el campo magnético de Júpiter, lo que sugiere la presencia de una capa de fluido, probablemente un océano líquido de agua salada. Puede que también tenga un pequeño núcleo metálico de hierro.
- El poco relieve y las marcas visibles en la superficie de Europa se asemejan a la de un océano helado de la Tierra, y se piensa que bajo la superficie helada de Europa hay un océano líquido que se mantiene caliente por el calor generado por las mareas de Júpiter.
- La temperatura de la superficie de Europa es de 110 K (-160° C) en el ecuador y de solo 50 K (-210° C) en los polos.
- Los mayores cráteres parecen estar rellenos de hielo nuevo y plano; basán-

dose en esto y en la cantidad de calor generado en Europa por las fuerzas de marea, se estima que la corteza de hielo sólido tiene un espesor aproximado entre 10-30 km, lo que puede significar que el océano líquido pueda tener una profundidad de 90 km.

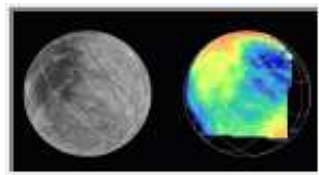
- ¿Por qué tendría que conservarse agua en estado líquido en Europa cuando, según los patrones normales, el satélite es demasiado pequeño, tiene una atmósfera demasiado enrarecida y se encuentra demasiado alejado del Sol?
- La respuesta está en las mismas fuerzas de marea que calientan el interior y producen los violentos volcanes de Ío (otra luna de Júpiter).
- Este calor atrapado mantiene líquidos los niveles inferiores del océano que envuelve Europa, mientras que las capas superiores, heladas, flotan encima de ellas como el hielo de los polos terrestres.



- Superficie de Europa; imagen de la sonda Galileo
- **¿Vida en Europa?**
 - En la Tierra, descubrimientos recientes han reforzado la hipótesis

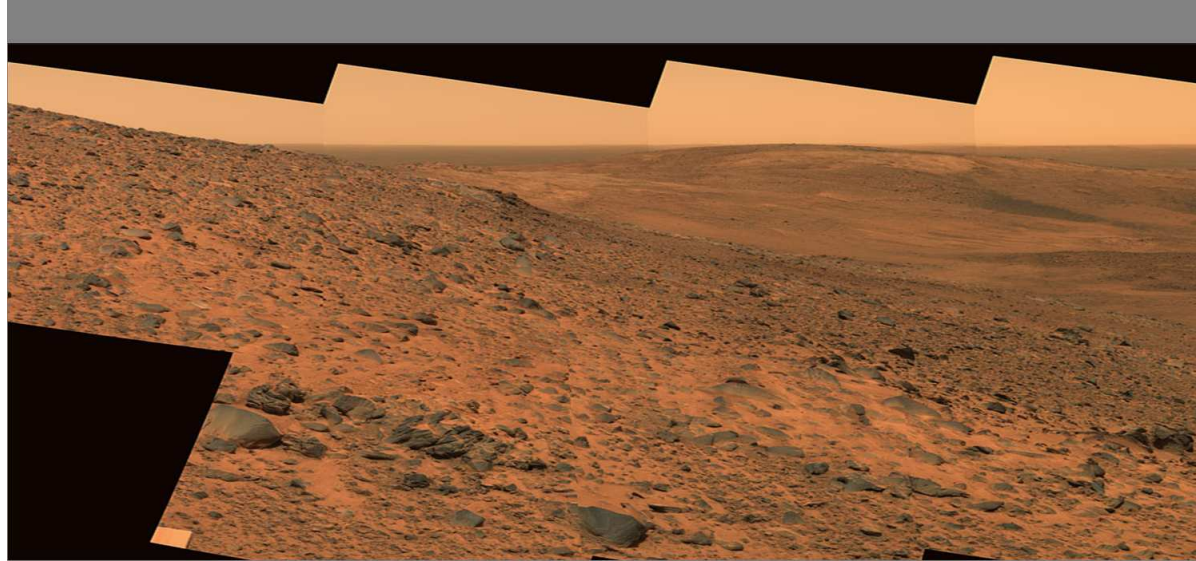
de que la vida pudo originarse en condiciones muy parecidas a las que reinan en el profundo océano de Europa, sustentada por la sopa química caliente del entorno de volcanes submarinos y no por el calor del Sol en aguas superficiales poco profundas, por lo tanto, parece ciertamente posible que lo mismo se produzca en el satélite joviano.

- Enviar un robot sumergible al océano de Europa en busca de signos de vida es cosa de ciencia ficción y no será una posibilidad factible en el plazo de muchas décadas, por lo que tal vez no lo averigüemos nunca.
- Las mayores esperanzas de encontrar respuesta o, por lo menos, indicios alentadores se hallan en los hielos superficiales de Europa.
- Si se descubrieran moléculas orgánicas complejas en aguas que han brotado del interior de Europa, su presencia apuntaría con fuerza a que debajo del hielo existe vida de algún tipo.



- **Imagen de Europa desde Galileo en el Infrarrojo Cercano**

El Desierto de Atacama y el Planeta Marte



- Imagen de Marte tomada por Spirit



El desierto de Atacama



Marte



- Desierto de Atacama

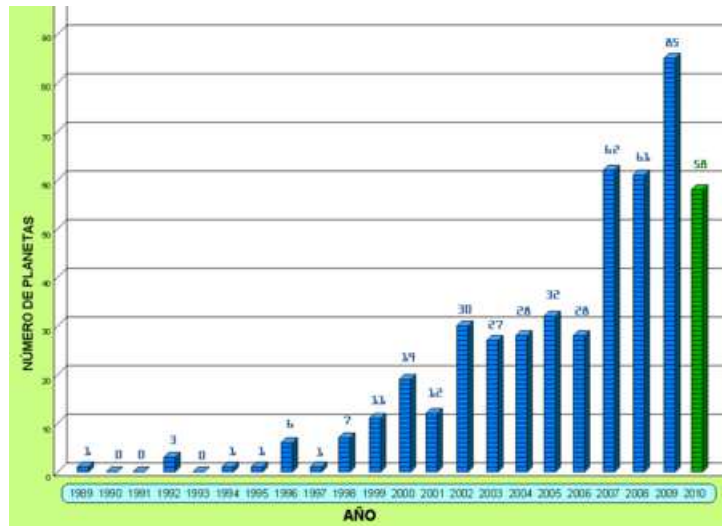
Mars-Like Soils in the Atacama Desert, Chile, and the Dry Limit of Microbial Life

Rafael Navarro-González,^{1,2*} Fred A. Rainey,³ Paola Molina,¹
Danielle R. Bagaley,³ Becky J. Hollen,³ José de la Rosa,¹
Alanna M. Small,³ Richard C. Quinn,^{4,5} Frank J. Grunthaner,⁶
Luis Cáceres,⁷ Benito Gomez-Silva,⁸ Christopher P. McKay⁵

The Viking missions showed the martian soil to be lifeless and depleted in organic material and indicated the presence of one or more reactive oxidants. Here we report the presence of Mars-like soils in the extreme arid region of the Atacama Desert. Samples from this region had organic species only at trace levels and extremely low levels of culturable bacteria. Two samples from the extreme arid region were tested for DNA and none was recovered. Incubation experiments, patterned after the Viking labeled-release experiment but with separate biological and nonbiological isomers, show active decomposition of organic species in these soils by nonbiological processes.

-
- Rafael Vicuña y Armando Azúa, Facultad de Ciencias Biológicas
- Fabiola Salinas, Quiralidad como un biomarcador, Tesis de Licenciatura, PUC, 2010

Planetas Extrasolares



● Cantidad de exoplanetas descubiertos hasta la fecha: 473



● Primera imagen directa confirmada de un planeta extra-solar. La toma, reproducida aquí en falso color, fue captada en el infrarrojo por el Very Large Telescope. El cuerpo central (azul) es la enana marrón 2M1207, tiene un compañero de masa planetaria (rojo), 2M1207b.

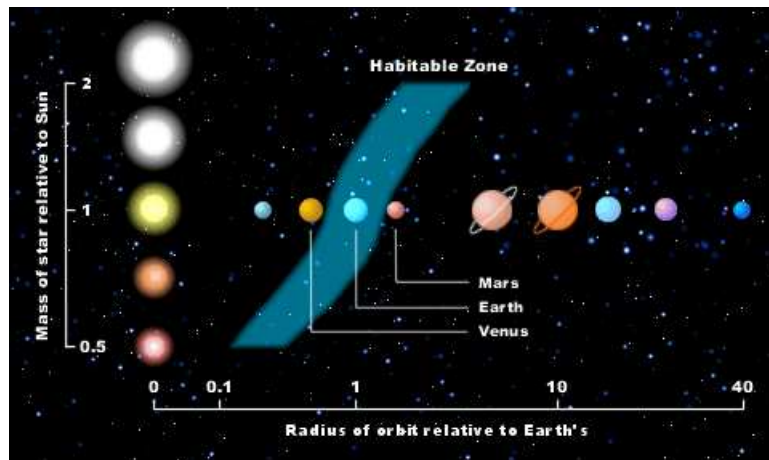
- La mayoría de planetas extrasolares conocidos son gigantes gaseosos igual o más masivos que el planeta Júpiter, con órbitas muy cercanas a su estrella y períodos orbitales muy cortos, también conocidos como Júpiteres calientes.
- Esto se cree es un resultado de los métodos actuales de detección, que encuentran más fácilmente planetas de este tipo que planetas terrestres más pequeños.
- Con todo, exoplanetas comparables al nuestro empiezan a ser detectados, conforme las capacidades de detección y el tiempo de estudio aumentan.
- El exoplaneta conocido más semejante a la Tierra en masa y posición orbital es Gliese 581 c, descubierto en 2007 y cuya masa equivale a unas 5 veces la masa de la Tierra, y del que se presume sería un planeta terrestre grande.

Zona Habitable

- La zona de habitabilidad estelar es una estrecha región circunstelar en donde, de encontrarse ubicado un planeta (o luna) rocoso con una masa comprendida entre 0,6 y 10 masas terrestres y una presión atmosférica superior a los 6,1 mb correspondiente al punto triple del agua, la luminosidad y el flujo de radiación incidente permitiría la presencia de agua en estado líquido sobre su superficie.
- Definida por primera vez en 1959 por S. Huang, la zona de habitabilidad estelar (ZH) se encuentra delimitada por dos radios: uno interno ó ZHri y otro externo ó ZHro.
- El radio interno establece la distancia mínima capaz de salvaguardar el entorno planetario de un efecto invernadero desbocado.
- El externo muestra la distancia máxima en la que este mismo fenómeno es capaz de impedir que las bajas temperaturas aboquen al planeta a una glaciación perpetua.
- La ZHC(Zona Habitable Continua) corresponde a la distancia a la estrella, dónde el agua líquida puede subsistir en la superficie de un pla-

neta, durante un período de al menos 4000 millones de años.

- Deducidas a partir de propiedades físicas como la masa, temperatura efectiva y flujo estelar, las características y evolución de la ZH se encontrarán estrechamente ligadas a la vida de las estrellas.
- Estimado para el desarrollo de la vida en un planeta como la Tierra un lapso de tiempo no inferior a 4000 millones de años, las estrellas más aptas serían aquellas que presentasen una masa inferior a 1,20 masas solares y superior a 0,6 masas solares.



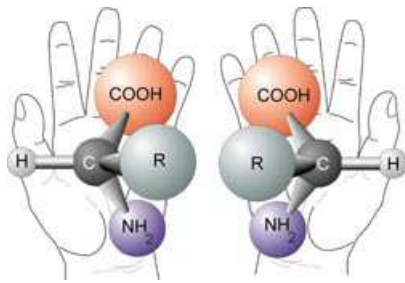
● Diagrama de la zona de habitabilidad circunestelar para diferentes estrellas y tomando como ejemplo nuestro Sistema Solar.

Como detectar vida en planetas extrasolares

- El único método disponible es la radiación proveniente de fuentes lejanas.
- ¿Qué aspectos de esta radiación podrían señalar la presencia de vida?
- Para responder a esta pregunta, la nave Galileo, lanzada al espacio por la NASA en 1989, dirigió sus detectores de radiación infrarroja hacia la Tierra y luego hacia la Luna.
- Espectro infrarrojo de la Tierra:El Ozono, O_3 y el Metano CH_4 .
 - El Oxígeno es muy probablemente producido por fotosíntesis, pero para estar seguros de la presencia de vida un elemento crucial que se agrega es el metano.
 - El punto crucial es que sin una inyección permanente y enorme de metano en la atmósfera cargada de Oxígeno de la Tierra, habría mucho menos metano en la atmósfera y Galileo no lo habría detectado.
- Espectro infrarrojo de la Luna:No se encontraron pares de gases atmosféricos lejos del equilibrio químico.

QUIRALIDAD

- La quiralidad es una versión de cierta molécula de una estructura tal que una es la imagen especular de la otra; se dice que son enantiómeros.
- También se dice que una molécula es quiral cuando no es superponible con su imagen especular



- Dos enantiómeros de un aminoácido genérico.
- Las moléculas más importantes que definen la vida en nuestro planeta son quirales.
- Los azúcares que llevan nuestra información genética son **dextrógiros**, mientras que los aminoácidos que definen a las proteínas son **levógiros**.
- La diferencia en cuanto a actividad óptica consiste en la rotación del plano de polarización de la luz, ambos enantiómeros rotan dicho plano en el mismo ángulo pero en sentidos opuestos.

- Cuando el enantiómero rota el plano de polarización en el sentido de las agujas del reloj recibe el nombre de **dextrógiro** o right-handed y se identifica con la letra D o con un signo +.
- Si rota el plano en el sentido opuesto a las agujas del reloj se denomina **levógiro** o left-handed y se designa por la letra L o el signo -.