

Università degli studi di Genova
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
Dipartimento di Fisica



El Origen de la Vida sobre la Tierra¹

Isaías Rojas Peña ²

Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

Diciembre 2004

¹ Trabajo realizado para la asignatura de Física Biológica.

² E-mail: *irojasp@gmail.com*

Índice

1. Introducción:	4
1.1. Un poco de Historia	5
2. Organización de la Materia Viviente	6
2.1. Química de la Vida	7
2.2. Bioquilaridad	11
2.3. Moléculas Orgánicas en el Espacio Interestelar	13
2.4. Clasificación de la Vida	13
3. El Origen de la Vida sobre la Tierra	15
3.1. Génesis	15
3.2. Química Prebiótica	19
3.3. Cometas, Meteoritos y el Origen de la Vida	22
3.4. El Mundo del ARN	24
3.5. Orígenes de los Primeras Membranas	27
3.6. Orígenes de los Primeros Seres Vivos	31
4. Conclusiones y Comentarios:	34
5. Bibliografía:	35
Referencias	36

Índice de figuras

1. Metano (izquierda) y Benceno (Derecha)	7
2. Los 20 aminoácidos	9
3. Las cinco bases nitrogenadas	10
4. La doble hélice del ADN	11
5. Las dos formas enantiométricas de los aminoácidos L y D. . .	12
6. Árbol de los seres vivos	14
7. Arqueas extremófilas.	15
8. Moléculas orgánicas complejas obtenidas en el experimento de Miller.	20
9. El Experimento de Miller	21
10. Partícula de polvo interplanetario	22
11. Ciclo de transporte de material orgánico interestelar a planetas. .	24
12. Estructuras del ARN, ATN y p ARN.	26
13. Auto ensamble las moléculas hidrofóbicas	28

14.	Nanocápsulas.	29
15.	Coacervado	30
16.	Modelo de origen de la vida en un ambiente acuoso-aceitoso bajo la superficie	31
17.	Grietas Hidrotermales	31
18.	Formación de los primeros Protobiontes	32
19.	Evolución darwiniana de Protobiontes	33

1. Introducción:

Una de las incógnitas más grandes de los tiempos actuales en biología y en algunas otras ramas de la ciencia es: ¿Cómo se originó la vida en la Tierra?, o más bien, ¿Cuáles son las series de procesos inorgánicos que nos llevan desde los ladrillos fundamentales de la vida a los primeros seres vivos?.

Debemos en este punto detenernos un momento para aclarar que no podemos, ni intentaremos definir el concepto de vida, lo cual ciertamente es una limitante, pero debemos reconocer que nuestro espectro de comparación es muy limitado, ya que solo conocemos por el momento formas de vida terrestres que tienen un origen común. Asumiendo estas limitantes, se suele utilizar los conocimientos que tenemos de la vida que nos rodea y obtener algo que sea capaz de representar a todos los seres, como por ejemplo: nacer, utilizar elementos del medio que les rodea, auto perpetuarse y luego finalizar los procesos en lo que denominamos muerte biológica, pero lo anterior es completamente cuestionable, por ejemplo las mulas nacen y mueren pero no pueden reproducirse, es por ello que evitaremos definir en este escrito el concepto de vida.

Otra de las grandes incógnitas es si la vida es un fenómeno cósmico, es decir, es muy común y cada vez que se den las condiciones esta se desarrollará o es un fenómeno muy particular que se origina con una probabilidad bajísima y nuestro planeta es muy particular en el universo.

Podemos comentar en este momento, las poco aceptadas *teoría de la panspermia* y el *principio antrópico*. El primero afirmando la universalidad de la vida y que esta se origina cada vez que tiene las condiciones y que puede nacer por ejemplo en las nubes interestelares y a través de diversos portadores llegar a los lugares donde se desarrollará y evolucionará (por ejemplo planetas) y el segundo indica que la configuración de nuestro universo esta íntimamente relacionado con la vida misma. Bien es sabido de la mecánica cuántica, que pueden existir infinitos universos, en cada uno de ellos las diferentes constantes universales toman diferentes valores que originarían universos que no formarían la vida, pero en el nuestro las constantes tienen los valores adecuados, por ejemplo para que existan estrellas que puedan generar los elementos pesados que contaminen las nubes moleculares que pueden dar como resultados estrellas que formen planetas en donde se puede desarrollar y evolucionar la vida.

Si bien es cierto hace solo unas décadas no existía casi ningún tipo de conocimiento, el entendimiento de la vida comenzó realmente con el descubrimiento de la estructura del ADN, sin duda, este fue uno de los más importantes del siglo XX. Pero su descubrimiento y sus interesantes propiedades como que; no sólo es capaz de autoreplicarse sino también, de llevar la infor-

mación (genética) necesaria para crear células u organismos muy similares a sus progenitores, trajeron consigo una pregunta tan complicada como el origen mismo de la vida: ¿Cuáles fueron la serie de reacciones químicas que formaron los ácidos nucleicos?. La respuesta es desconocida aún, pero algo realmente impresionante, es que, en la actualidad la síntesis de ácidos nucleicos requiere la intervención de proteínas, pero no hay síntesis de proteínas sin la presencia de ácidos nucleicos, estudiaremos una posible respuesta a esta incógnita en la sección del mundo del ARN.

Entonces el aporte de las diferentes ciencias como la Biología, Física, Química, Astronomía, y Geología, deben dilucidar como unas cuantas moléculas fueron capaces de agruparse, evolucionar y llegar a formar lo que conocemos como vida.

Primero intentaremos comprender cuales son las condiciones en que se originó la vida en la Tierra, con éste conocimiento podemos generar modelos que predigan la generación de vida en otros lugares del universo. En esta vía, el descubrimiento de vida en condiciones extremas nos da una perspectiva para tratar de analizar cómo y bajo qué condiciones se pudo originar la vida en la Tierra.

En esta última década uno de los temas de discusión fue si ciertas estructuras microscópicas encontrados en un par de meteoritos marcianos, son restos fósiles de antiguas bacterias marcianas. Más aún el reciente descubrimiento de la existencia de agua líquida bajo la superficie marciana nos hace pensar en la posible existencia de vida microscópica en el vecino planeta.

También en estas ultimas décadas, el descubrimiento de planetas extrasolares nos muestra lo abundantes que éstos son, por lo menos en nuestra galaxia. En los próximos años contaremos con la tecnología para encontrar planetas tipo “Tierra”, que son el actual referente que poseemos de “un lugar habitable”.

1.1. Un poco de Historia

Hasta la mitad del siglo XVII era completamente aceptado que los seres vivos superiores y el hombre, fueron creados por dios, y que los otros seres aparecieron de forma espontánea del fango y de otros organismos en descomposición.

Ya Aristóteles consideraba las ideas de la generación espontánea formuladas por otros filósofos anteriores, las ideas básicas eran que los seres vivos nacen de otros seres vivos pero que de vez en cuando también podrían generarse de la materia inerte. No es nuevo decir que las ideas de la Génesis Bíblica nacen de la filosofía de Aristóteles. Es por ello que no es extraño entonces que importantes exponentes como Newton y Cartesio acogieran esta teoría.

En la mitad del siglo XIX el biólogo francés Louis Pasteur conduce un experimento que pone fin definitivo a la teoría de la generación espontánea, pero contrajo consigo el problema de que en algún momento se tuvo que generar un primer ser viviente y como se origino la enorme variedad de seres vivientes que conocemos en la actualidad. La primera interrogante es la que aún tratamos de responder y la segunda encontró solución con la llegada de la teoría evolucionista de Darwin. La teoría de Darwin nos lleva a la conclusión que todos los seres vivos que conocemos en la actualidad pudieron evolucionar de unos pocos seres vivos, o quizás de un único ser viviente.

Respecto al origen de los primeros seres vivos, el químico sueco Svante Arrhenius, revive la antigua teoría de la panspermia, pero debido a lo poco ortodoxa que es, solo en los últimos años ha comenzado a tomar fuerzas.

El estudio de los procesos químicos que dieron origen a los ladrillos fundamentales de la vida comienzan en 1828, cuando F. Wöhler sintetiza por primera vez una molécula orgánica, la Úrea, partiendo de compuestos inorgánicos como la cianato de plata y cloruro de amonio. Ya en los 1900 W. Löb logró sintetizar glicina, sometiendo a descargas eléctricas y a luz ultravioleta formamidos húmedos.

Las modernas ideas sobre el origen de la vida en la Tierra nacen en la década del 20 del siglo pasado a través del biólogo anglo-hindú John Burdon Sanderson Haldane, quien parte de la suposición que la Tierra, en el momento en que se originó la vida, era muy diferente de lo que es en la actualidad, conceptos ya pensados con anterioridad por otros como Darwin, pero ninguno con la profundidad del bioquímico Ruso Aleksandr Oparin que publico en 1924 “El Origen de la Vida”, en esencia la teoría de Haldane es la misma que la de Oparin, la diferencia fundamental es la composición de la atmósfera primordial, según Oparin era rica de hidrogeno y según Haldane debería ser rica en dióxido de carbono.

2. Organización de la Materia Viviente

Debido a las propiedades tan extraordinarias de la materia viviente, por mucho tiempo se supuso que los elementos que la componen son diferentes, pero ahora sabemos que la materia viviente está formada por los mismos elementos que son abundantes en el mundo inorgánico, *átomos que alguna vez se formaran en las estr ellas*. Estos elementos (base de la materia viviente) son 28, pero más del 99 % de la masa total pertenece a: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Azufre (S), Fósforo (P), Calcio (C), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Sodio (Na). El resto (menos del 1 %) también son muy importantes, entre otros: Flúor (F), Bromo (Br), Yodo (I), Arsénico

(As), Silicio (Si), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn) y varios más. Estos se combinan para formar moléculas entre otras; agua, sales minerales, monosacáridos, disacáridos, lípidos y aminoácidos³.

2.1. Química de la Vida

Existen más de un millón de compuestos que contienen átomos de carbono en combinación con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno o algunos otros elementos, esta cantidad es mayor que la suma de todos los compuestos que forman todos los otros elementos juntos. Esta enorme variedad de combinaciones del carbono lo hace estar presente en todos los organismos vivos y son tema de estudio de la Química Orgánica.

Esta extraordinaria versatilidad que tiene el carbono para formar compuestos se debe a que puede formar enlaces covalentes estables consigo mismo. Posee en su segundo nivel energético cuatro electrones, por ello puede formar cuatro enlaces covalentes. Al formar enlaces entre carbonos se forman cadenas carbonadas. Estas pueden ser rectas o ramificadas (alifáticas) y anillos (cíclicos o aromáticos).

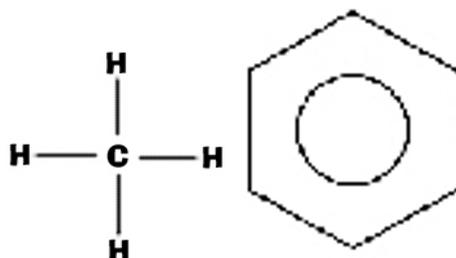


Figura 1: Metano (izquierda) y Benceno (Derecha)

También el Silicio posee cuatro electrones en su último nivel energético, pero en ambientes como el de nuestro planeta se encuentra en rocas cristalinas y no existe en forma gaseosa que pueda interactuar con alguna forma de energía como puede ser la energía radiante.

Los compuestos orgánicos más simples son los que sólo contienen carbono e hidrógeno, a esta combinación del carbono con el elemento más abundante del universo, se le denomina Hidrocarburos, el más sencillo de éstos es el Metano. Las estructuras en cadenas se le denominan hidrocarburos alifáticos,

³Los aminoácidos son moléculas que están asociadas a dos grupos funcionales: las aminas (NH₂) y carboxilo (COOH), siendo la más simple la glicina NH₂-CH₂-COOH.

también pueden existir con estructuras anulares o cíclicas, caso en el cual se llaman alicíclicos.

Metano	CH_4	Benceno	C_6H_6
Etano	C_2H_6	Naftaleno	C_{10}H_8
Propano	C_3H_8	Antraceno	$\text{C}_{14}\text{H}_{10}$
Butano	C_4H_{10}	Fenantreno	$\text{C}_{14}\text{H}_{10}$
Pentano	C_5H_{12}	Pireno	$\text{C}_{16}\text{H}_{10}$
Hexano	C_6H_{14}	Coroneno	$\text{C}_{24}\text{H}_{12}$

Cuadro 1: Algunos ejemplos de Hidrocarburos Alifáticos (izquierda) y Aromáticos (Derecha)

Es frecuente que este tipo de compuestos formen radicales libres, es decir, reacciones en que se rompen enlaces covalentes, a estos procesos se le denomina homólisis o fisión homolítica. Por ejemplo: el Metano forma el Metilo CH_3 , el agua el radical OH , el Amoniacó el grupo amina NH_2 .

El tercer tipo de hidrocarburos son los *aromáticos* formados por anillos en forma cíclica hexagonal con enlaces simples y dobles alternados, el más sencillo representante es el Benceno, además existen con más anillos, los llamados hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) cuyo representante más simple es el naftaleno (con dos anillos). Este tipo de moléculas son abundantes en fósiles, en rocas sedimentarias antiguas, Carbón y Petróleo, de donde se derivan por aromatización química de precursores biológicos tales como plancton marino y plantas de temprana existencia.

Las reacciones más simples de los Hidrocarburos aromáticos implican la sustitución de átomos de hidrógeno por otros grupos de átomos. Entre las reacciones de este tipo se encuentra la halogenación, la nitración, la sulfonación y la alquilación⁴.

Moléculas un poco más complejas son los aminoácidos, que son los ladrillos fundamentales de la vida, tienen una estructura bastante simple: un grupo amina, un grupo carboxílico unidos por un carbono, llamado alfa, que también enlaza a un hidrógeno y un grupo R que es diferente en cada aminoácido.

⁴La alquilación es el reemplazo de uno o más hidrógenos por cadenas carbonadas alifáticas.

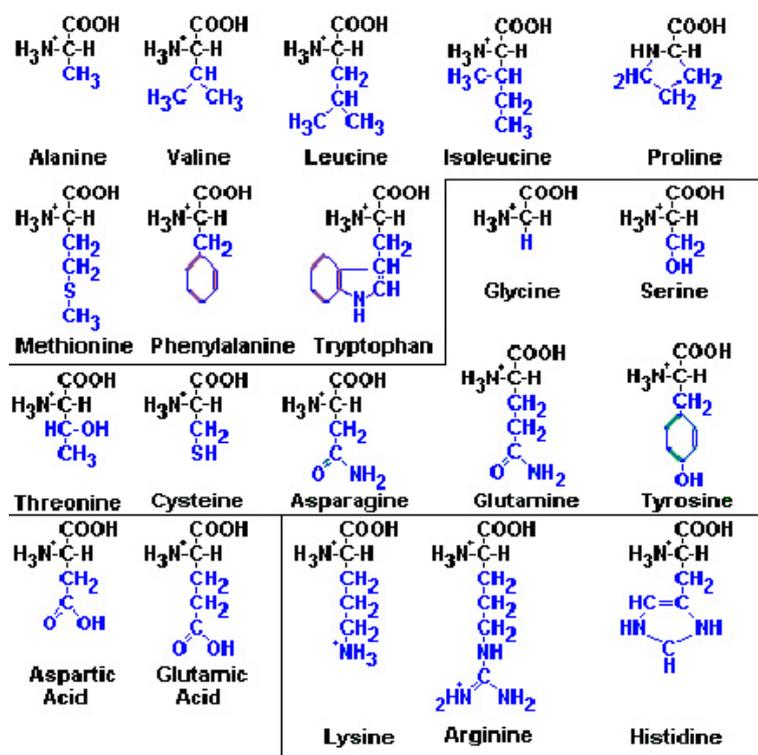


Figura 2: Los 20 aminoácidos utilizados por las formas vivientes de la Tierra.

Los aminoácidos tienen la propiedad de formar compuestos más complejos llamados péptidos⁵, que a su vez sirven de base a la producción de proteínas y es gracias a estas proteínas⁶ que se puede sintetizar ácidos nucleicos.

Las proteínas son polímeros⁷ lineales (poli, muchos y meros, unidad), algunos poseen hasta cerca de 30.000 aminoácidos, pero en promedio son entre 300 a 350 aminoácidos. Cumplen funciones de: catalizadores, transporte de electrones, iones y sustancias, anticuerpos, hormonas.

Importantes tanto para su formación como para su estructura son las interacciones covalentes, enlaces peptídicos⁸ y las interacciones no covalentes:

⁵Los péptidos son polímeros, es decir, moléculas resultantes de la unión de aminoácidos.

⁶Las proteínas son formadas por aminoácidos y en la célula cumplen funciones de enzimas, hormonas y anticuerpos.

⁷Un polímero (de poli, muchos y meros, unidad) es una cadena de unidades básicas, llamados monómeros, unidas entre sí por enlaces químicos covalentes.

⁸Al reaccionar un ácido carboxílico con una amina, el enlace resultante se denomina amida. El enlace amida formado entre dos α -aminoácidos recibe el nombre de enlace peptídico. Los aminoácidos unidos por enlaces peptídicos ya no pueden llamarse aminoácidos. La cadena formada por varios aminoácidos unidos recibe el nombre de polipéptido.

Van der Waals, electrostática, enlaces de hidrógeno, hidrofílicos.

Toda la vida está basada en sistemas de dos polímeros: proteínas y ácidos nucleicos. Los nucleótidos (monómeros) forman los ácidos nucleicos ARN y ADN (polímeros).

El esqueleto de azúcar-fosfato del ADN proporciona el soporte estructural para las bases Adenina (A), Timina (T), Citosina (C) y Guanina (G) que son moléculas que portan información codificada en su secuencia. El ARN no posee timina, pero en su reemplazo posee Uracilo (U), que aunque similar a la timina, es muy diferente, pero de igual forma puede formar puentes de hidrógeno con la adenina.

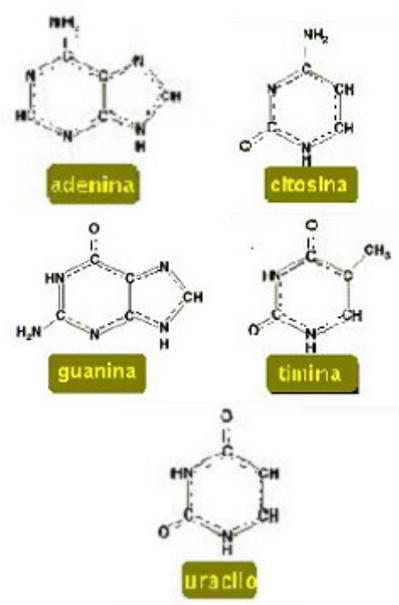


Figura 3: Las cinco bases nitrogenadas usadas por los ácidos nucleicos de los seres vivientes de la Tierra: Adenina (A), Timina (T), Citosina (C) y Guanina (G) en el caso del ADN, el ARN no posee Timina, pero en su reemplazo posee uracilo (U).

Debido a la presencia de formas resonantes del enlace peptídico: La distancia $>\text{C}-\text{N}<$ (0.132 nm) es más corta que la de los que se presentan en las aminas, (0.15 nm) y más larga que la de un doble enlace típico $>\text{C}=\text{N}<$ (0.12 nm) como el que presentan las bases de shift. La geometría del enlace $>\text{C}-\text{N}<$ es planar. Como el enlace el plano y no rota, los enlaces peptídicos pueden presentar isomería cis-trans.

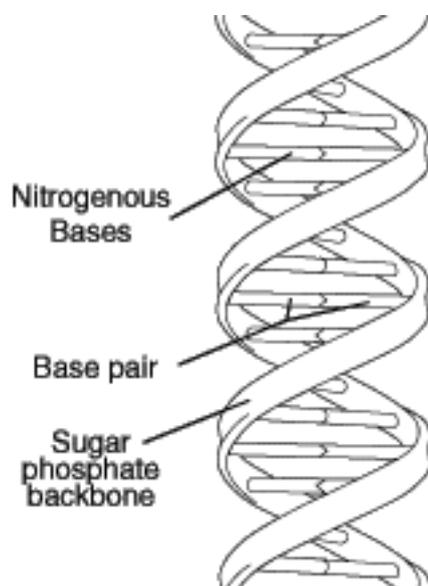


Figura 4: La doble hélice del ADN, las bases forman los escalones de una escalera espiral mientras que las columnas de azúcar-fosfato son los soportes de dichos escalones.

El esqueleto del ADN y del ARN, está compuesto de moléculas de azúcar-ribosa en el ARN y azúcar-desoxirribosa en el ADN que contienen cinco átomos de carbono. A diferencia de la doble hélice del ADN, el ARN casi siempre es de una cadena simple.

El ADN porta la información para sintetizar las proteínas. Por ejemplo en las células eucariotas (*eu* = verdadero; *karyon* = núcleo) el ADN está en núcleo y la síntesis se realiza en el citoplasma, es decir: fuera del núcleo, parte del ADN se copia en ARN. El ARN va como un mensajero al citoplasma y allí el ribosoma traduce los genes a proteínas. Por eso, ese ARN capaz de llevar el mensaje desde el núcleo al citoplasma se llama ARN mensajero.

2.2. Bioquilaridad

Muchas moléculas biológicas poseen imágenes especulares de si misma, en otras palabras, puede existir en dos formas enantioméricas, de la misma forma que nuestras manos son llamados mano izquierda (L) y mano derecha (D).

La producción por diversos medios arroja un 50% de cada especie (mezclas racémicas), por ejemplo podemos obtener las mismas cantidades de L-valina o D-valina o L-leucina o D-leucina y de la misma forma los otros

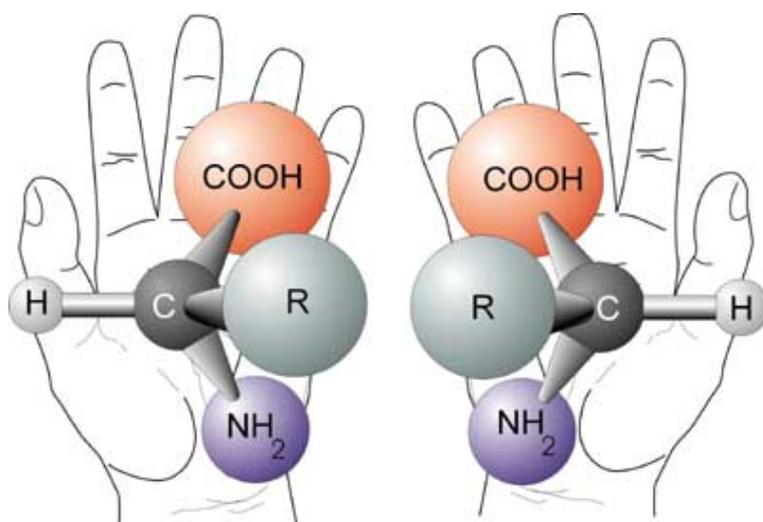


Figura 5: Las dos formas enantioméricas de los aminoácidos L y D.

aminoácidos, pero los aminoácidos que forman las proteínas son de tipo L, y los ácidos nucleicos son del tipo D (D-ribosa y D-desoxirribosa). Curiosamente según esta convención, las moléculas que dan las instrucciones son derechas y las que las ejecutan son izquierdas.

Las proteínas para poseer sus características necesitan que todos sus aminoácidos sean D o L pero no ambos, de la misma forma para los ácidos nucleicos. Ahora bien, la pregunta es ¿porque solamente proteínas tienen L-aminoácidos y los ácidos nucleicos D-azúcares?

La respuesta aún no está clara, existen diversas teorías que tratan de explicar la bioquiralidad, ya desde los tiempos de Pasteur que se ha tratado de entender la quiralidad selectiva, una posible solución es que las propiedades físicas de los enantiómeros son diferentes, es decir, solubilidades, puntos de fusión, etc., o también es posible que cuando la vida se originó, sólo existieran moléculas de un enantiómetro quiral, esto basado en que en la década de los 80' dos grupos de investigadores concluyeron de forma teórica y de forma experimental que en presencia de moléculas L y D al mismo tiempo sobre un sistema, no se forman los polinucleótidos.

Por otra parte, recientes estudios proponen el crecimiento selectivo de aminoácidos sobre ciertas caras de cristales, como una posible solución.

2.3. Moléculas Orgánicas en el Espacio Interestelar

La química de la materia viviente esta íntimamente relacionada a la química del espacio, ya que las mezclas orgánicas requeridas para construir seres vivientes se encuentran allí, sabemos que la radiación estelar es capaz de crear radicales, esto permite que la química orgánica sea particularmente activa en nubes moleculares, meteoritos, cometas y en las atmósferas planetarias.

Observaciones indican que los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) son extremadamente abundantes en el medio interestelar, hasta el punto que el 10 % del carbono interestelar se encuentra en estos compuestos de PAH, siendo la especie más abundante entre las moléculas orgánicas libres en el espacio, 1000 veces más abundante que la especie siguiente, el formaldehído.

En exámenes con microondas emitidas y absorbidas por moléculas a frecuencias características, se han identificado en el espacio interestelar una cincuentena de compuestos orgánicos sencillos entre ellos: hidrocarburos, aminas, alcoholes y nitrilos, más aún la evidencia observacional, aportada por la radioastronomía, muestra que los procesos en el espacio interestelar son capaces de producir una gran cantidad de moléculas orgánicas complejas.

En nubes moleculares se producen diversos tipos de reacciones producto de la radiación estelar, a temperaturas de 10 - 50 K se crean granos de diversos compuestos congelados, en la superficie de dichos granos se seguirán produciendo reacciones químicas.

Algunas de estas nubes participarán en la formación de discos planetarios. Existen evidencias que algunos compuestos orgánicos sobreviven a los procesos de acreción, esto se puede verificar a través de isótopos de deuterio presente en meteoritos.

La riqueza de la química orgánica interestelar se ha podido verificar por ejemplo en meteoritos donde se han encontrado cerca de noventa aminoácidos diferentes, de los cuales sólo ocho se repiten en los grupos de los veinte aminoácidos terrestres.

2.4. Clasificación de la Vida

El microbiólogo Carl Woese de la universidad de Illinois ha propuesto la clasificación más aceptada en la actualidad de los seres vivos. El árbol de la vida esta separado en tres dominios diferentes: Eubacterias, Archaea y Eucariotas.

Las Archaea son parecidas a las bacterias, poseen filamentos, espirales y aspecto de bacterias. Su nombre significa antiguo, ello es, porque se cree que son menos evolucionados, debido a que viven en ambientes que poseía la

Tierra antigua.

Las Bacterias, son del tipo procariontes (*pro* = antes, *karyon* = núcleo), es decir, sin membrana nuclear. Debido a esto son organismos simples metabólicamente hablando y al mismo tiempo, con grandes adaptaciones a medios extremos.

Los Eucariontes son organismos caracterizados por poseer células con un núcleo verdadero rodeado por una membrana.

En general las Archaea comparten genes con las Bacterias y los Eucariotas, pero también poseen genes únicos. Algunas bacterias y las Archaeas evolucionaron en los ambientes que poseía la Tierra antigua, pero millones de años después los Eucariotas evolucionaron de los Archaea, aunque estos parecen bacterias, en realidad son más cercanos a los Eucariontes.

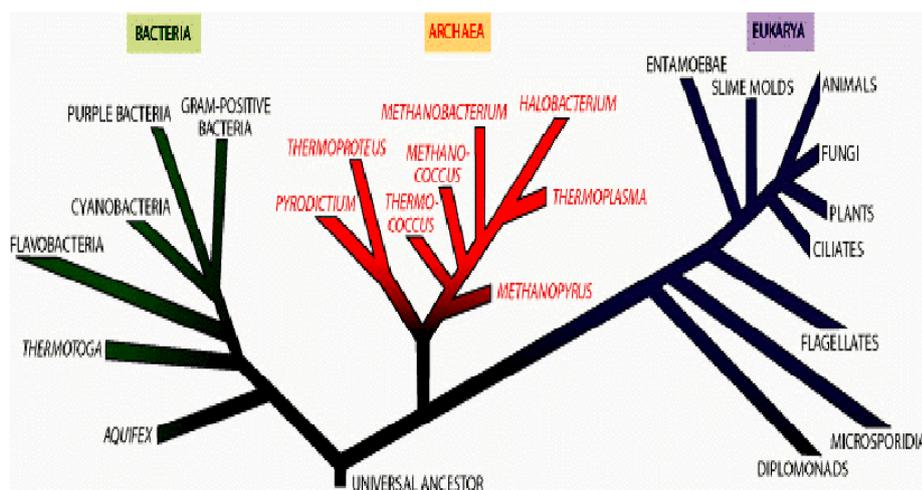


Figura 6: Árbol de los seres vivos, donde se puede visualizar los tres dominios Archae, Bacteria y Eucaria y la subdivisión en seis Reinos: I-Moneras, II-Arqueobacterias, III-Protistos, IV-Hongos, V-Plantas y VI-Animales.

El estudio de las Arqueas que viven en condiciones extremas, es el laboratorio que tenemos para tratar de analizar cómo y bajo que condiciones se pudo originar la vida en la Tierra y la posible existencia de vida en lugares que podrían ser muy parecidos a estos ambientes extremos de la Tierra.



Figura 7: Arqueas extremófilas.

1. Hielo (Psychrophiles) <i>Polaromonas vacuolata</i>	2. Profundidad Oceánica (Thermophiles y Hyperthermophiles) <i>Methanopyrus kandleri</i>	
3. Lagunas de Azufre (Acidophiles) <i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	4. Lagunas de Soda (Alkalophiles) <i>Natronobacterium gregoryi</i>	5. Salares (Halophiles) <i>Haloferax volcani</i>

3. El Origen de la Vida sobre la Tierra

La mayoría de los científicos se inclinan por suponer que la vida se formó en la Tierra, producto de una serie de reacciones de material inorgánico unos 100 - 200 millones de años después de solidificarse la corteza terrestre. Esto requiere la síntesis de biomoléculas orgánicas a partir de moléculas más simples, en la actualidad existen interesantes modelos que tratan de explicar algunos procesos que dieron origen a los ácidos nucleicos y posteriormente a células vivas.

3.1. Génesis

La formación de la Tierra está estimada en unos 4.600 millones de años. Durante la formación y hasta hace unos 3.900 millones de años, los planetas recibieron un gran bombardeo producido por los remanentes de la formación del sistema solar.

Hace unos 4.500 millones de años, un cuerpo más grande que Marte (llamado Orfeo), impactó la Tierra lanzando gran parte del material que la conformaba, al espacio. Se formó un disco protolunar, los detritos se fueron

juntando hasta formar la Luna, proceso que, según modelos computacionales, podría durar menos de un año. Su distancia a la tierra era de 16.000 Km., la fuerza de mareas producida por la gravedad terrestre ha ido frenando su periodo de rotación, junto con que la Luna se ha ido alejando de la Tierra⁹ La evidencia de esto último esta dado por la medición de la distancia Tierra-Luna, a través de un láser que es reflejado en la Luna. El retrorreflector fue instalado por los astronautas de Apolo XVI.

No sabemos en la actualidad la real importancia de nuestra Luna en el origen y mantención de la vida, ella produce el efecto de las mareas, la disminución de la velocidad de rotación terrestre y además mantiene el eje de rotación relativamente estable, permitiendo que no existan cambios bruscos de temperaturas, a los que la vida no se pudiese adaptar.

En los primeros 500 millones de años, se formo una atmósfera producto de los gases expulsados durante la intensa actividad volcánica (atmósfera I) que debía estar compuesta mayoritariamente por hidrógeno, vapor de agua, nitrógeno, monóxido de carbono y ácido sulfhídrico, minoritariamente por dióxido de carbono y azufre y trazas de metano y dióxido de azufre. La presión atmosférica varia mucho entre un autor y otro por lo cual, debido a que no tengo una referencia 100 % confiable será omitida.

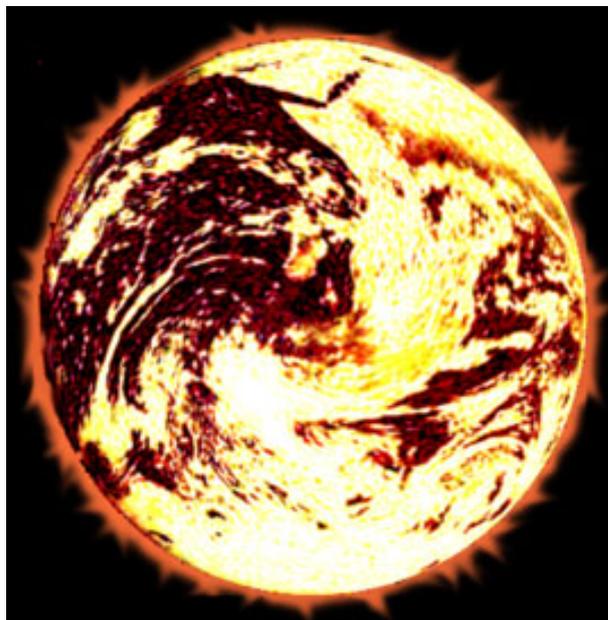
Diminutos cristales de silicato de circonio encontrados en la formación rocosa de Jacks Hills en Australia, indican que la Tierra se enfrió rápidamente y se formaron continentes y océanos a la temprana edad de 4.400 a 4.300 millones de años [1], lo cual podría haber dado paso a los primeros seres vivos, que debido al intenso bombardeo del espacio pudieron haberse extinto y resurgido varias veces.

El agua para formar estos océanos, fue aportada por los volcanes en intensa actividad e incrementada además producto de cometas que ingresaban a la atmósfera. Este proceso se mantiene en la actualidad (evidentemente a menor escala), ya que cada tres segundos (en promedio), pequeños cometas de 20 a 40 toneladas ingresan a nuestra atmósfera, ellos añaden 1 cm. de agua a la superficie del globo, cada 8.000 años.

Esta agua debía ser fangosa y no salada aún, debido a que para disolver los minerales se requiere más tiempo y además debían contener gran cantidad de cenizas, que cubrían el cielo, producto de las intensas y frecuentes lluvias.

Tanto la atmósfera como la superficie interaccionaban con diversas fuentes de energía, la siguiente tabla nos da una referencia de sus proporciones:

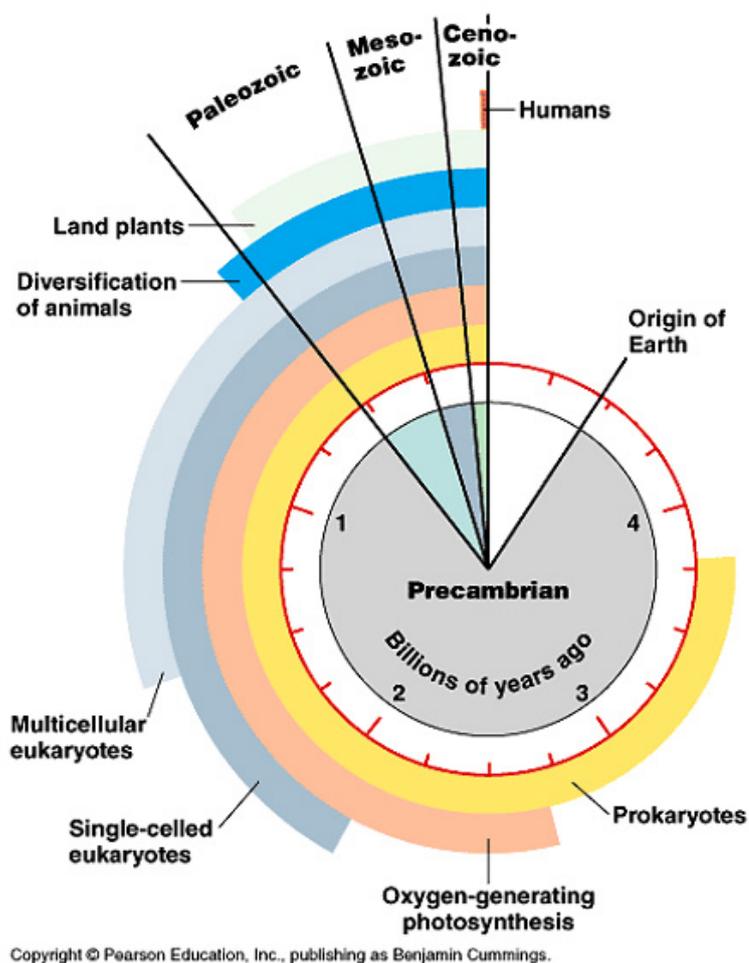
⁹La distancia media de la Luna en la actualidad es de 384.000 Km.



Fuente de energía	Energía (Cal/cm ² * año)
Radiación UV de alta frecuencia	570
Descargas eléctricas	4
Radiactividad	0.8
Calor volcánico	0.13
Impactos meteoríticos	0.05

Al tiempo que finaliza el bombardeo meteorítico también bajo la superficie se consolida un núcleo, el hierro y el níquel que componían parte del manto superior emigran al centro, formando un núcleo, sobre el cual se forma un nuevo manto y se consolida una nueva corteza que es cada vez menos bombardeada. Debido a la disminución de hierro en el manto el magma volcánico posee una composición diferente, constituida principalmente por óxidos metálicos y silicios tales como MgO, SiO₂, FeO, Fe₂O₃. De esta forma la atmósfera inicial, fue sustituida rápidamente por una atmósfera compuesta mayoritariamente vapor de agua, dióxido de carbono, nitrógeno, dióxido de azufre, minoritariamente por azufre y monóxido de carbono y trazas de metano, ácido sulfhídrico e hidrogeno (atmósfera II).

Con una actividad volcánica todavía importante, los mares y océanos crecían y aumentaban su contenido en sales, debido a las constantes precipitaciones producto a el agua que saturaba la atmósfera, de la Tierra inundada se transportaba sedimentación mineral.



Se cree que en estas condiciones es que aparecen los primeros organismos unicelulares, procariontes, heterótrofos¹⁰ y anaerobios, pero no se posee registro fósil de ellos. Recientes investigaciones muestran evidencias que sugieren que la vida podría existir desde antes de 3.700 millones de años atrás. Más aún, evidencia descubierta muestra ya un posible proceso de fotosíntesis [2] en aquellos años, descubierta en rocas de Isua, Groenlandia.

Los fósiles celulares más antiguos son de Warrawoona, Australia y tienen unos 3.500 a 3.600 millones de años. Su morfología es muy similar a las actuales cianobacterias y formaron los primeros estromatolitos¹¹.

¹⁰Los heterótrofos son organismos que obtienen energía de otro organismo. Los Animales son heterótrofos.

¹¹Los estromatolitos son estructuras organo-sedimentarias laminadas (principalmente de CaCO₃) adheridas al sustrato, producto de la actividad metabólica de microorganismos

Los organismos acuáticos, similares a algas verdes azuladas, utilizaban la energía del Sol para la fotosíntesis a bajas profundidades, liberando oxígeno molecular (O_2). Los océanos primigenios contenían abundante hierro disuelto que se combinó con el oxígeno producido como remanente de la fotosíntesis, este óxido de hierro se precipitó al fondo de los océanos. Después de unos 1.000 a 2.000 millones de años, el oxígeno se combinó con todo el hierro, lo cual permitió que este fuese liberado a la atmósfera.

La atmósfera fue entonces contaminada por el oxígeno (atmósfera III), además, por otra parte las algas que fabrican estromatolitos atraparon gran parte del CO_2 que poseía la atmósfera, como carbonato de calcio ($CaCO_3$), por lo cual tenemos, producto de la vida en la Tierra, un aumento del oxígeno en la atmósfera y una disminución del dióxido de carbono, lo que implica a su vez una disminución de la temperatura del planeta.

En la alta atmósfera algunas moléculas de oxígeno (O_2) absorben fotones ultravioletas (UV) produciendo oxígeno atómico, este oxígeno atómico en combinación con moléculas de oxígeno forman el Ozono (O_3), esta reacción se produce constantemente generando un filtro de rayos UV, lo cual permitirá que los seres vivos puedan salir de los lagos, ríos y océanos a colonizar la superficie de la Tierra. La cantidad de ozono requerida para blindar la Tierra de la radiación UV mortal (200 a 300 nm), requiere unos 600 millones de años. En este tiempo, el nivel de oxígeno era aproximadamente del 10 % del actual.

Se han descubierto en el distrito Este de Transvaal de Sudáfrica, restos fosilizados de materia microbiana, principalmente cianobacterias, que se desarrollaron sobre la superficie de la Tierra entre 2.600 y 2.700 millones de años [3], lo cual podría sugerir que ya existía una capa de ozono en esa época e indica una cota inferior para la colonización de la superficie de la Tierra, por parte de los seres unicelulares.

Finalizaremos indicando que tan solo hace 2.000 millones de años aparecen los Eucariontes.

3.2. *Química Prebiótica*

Como hemos visto hace unos 4.600 millones de años la Tierra era un planeta sin vida, menos de mil millones de años después estaba llena de formas de vida, es necesario investigar cuales fueron la serie de reacciones químicas que deben suceder para dar origen a la vida en la Tierra.

La síntesis de compuestos orgánicos, a través de compuestos inorgánicos, (principalmente cianobacterias o algas cyanoprokariotas), aunque también las clorofitas participan en la precipitación de carbonatos.

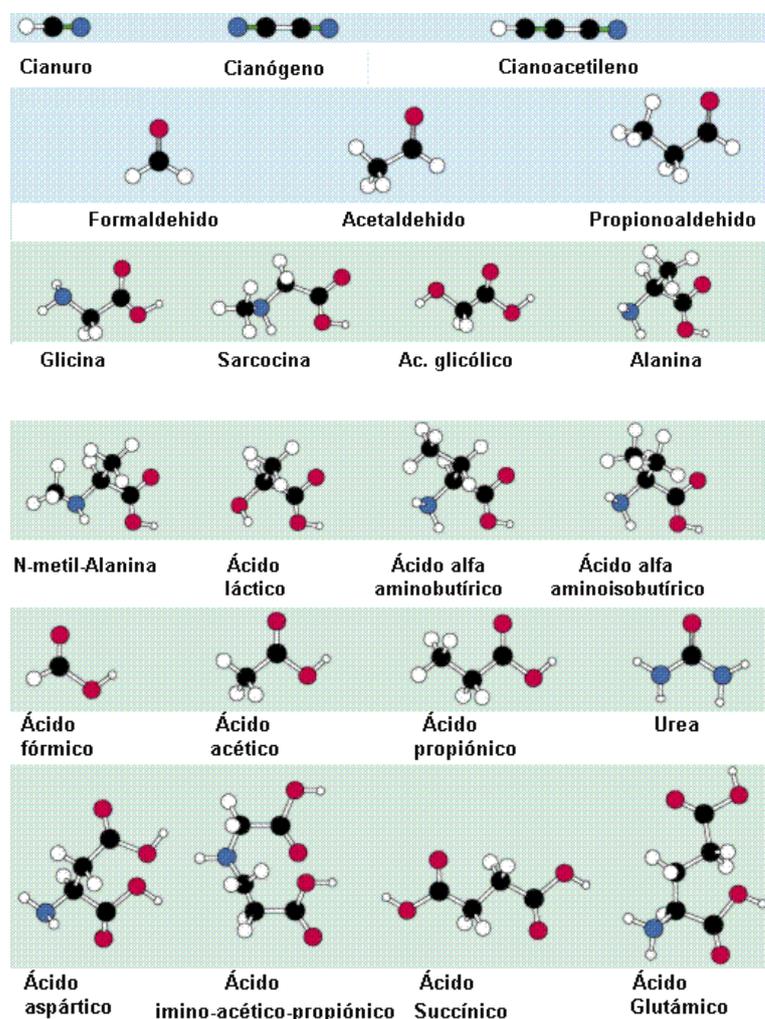


Figura 8: Moléculas orgánicas complejas obtenidas en el experimento de Miller.

se había realizado por casi un siglo, pero al parecer ninguno de ellos con la finalidad de reproducir posibles condiciones prebióticas en que se formaron estos compuestos en la Tierra, pero en 1951 Melvin Calvin intentó fracasadamente sintetizar compuestos orgánicos, simulando una Tierra primitiva, irradiando soluciones de CO_2 con un ciclotrón de 60 pulgadas, solo obtuvo en cantidades bastante apreciables ácido fórmico.

Ya en 1950, el premio Nóbel Harold Urey sugirió que la Tierra tuvo una atmósfera reductora. Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno tienen esta clase de atmósferas. Una atmósfera reductora contiene metano, amoníaco, hidrógeno

y agua. Más tarde en 1953 el estudiante Stanley Miller de la Universidad de Chicago, en el laboratorio de Harold Urey, mediante continuas descargas eléctricas en una cámara que contenía una mezcla de metano, amoníaco, hidrógeno y vapor de agua, obtuvo como resultado la formación de una serie de moléculas orgánicas; como ácido aspártico, ácido glutámico, ácido acético, ácido fórmico, entre otras moléculas y los aminoácidos: Alanina y Glicina. En particular la Glicina se obtuvo a partir del Formaldehído (HCHO) y Cianuro de Hidrógeno (HCN).

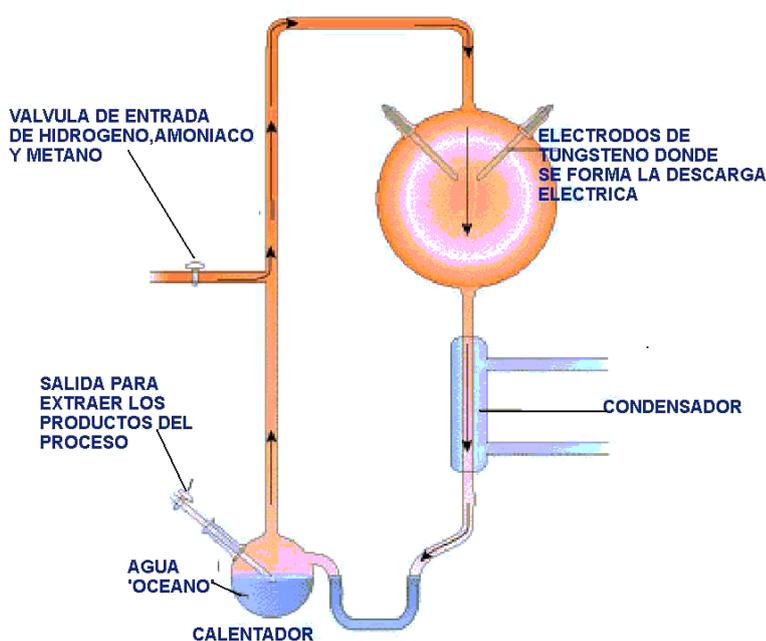


Figura 9: El Experimento de Miller. El recipiente inferior contiene agua, que simula un “océano”, al calentarlo el vapor de agua que se genera comienza a circular por todo el sistema. El recipiente superior contiene una “atmósfera”, compuesta del metano (CH_4), amoníaco (NH_3), hidrógeno (H_2) y vapor de agua. En el recipiente superior se expone a los gases a descargas eléctricas que simulan “relámpagos” y que produce que los gases actúen recíprocamente. Los productos solubles en agua que se obtienen de las reacciones pasan por un condensador y se disuelven en el “océano” simulado.

Watson y Crick dos semanas antes de la publicación de Miller, habían publicado su artículo sobre el modelo de doble hélice del ADN, ambos trabajos fundamentales para el entendimiento de la vida, convergen con la sinterización en laboratorio de bases nitrogenadas, comenzando con el trabajo de

Juan Oro quien sintetizó adenina a través de la oligomerización del cianuro de hidrógeno, hasta la reciente sinterización de la Citosina y el Uracilo [4].

Aunque si en la actualidad sabemos que la atmósfera de la Tierra no tenía las características por ellos supuestas, el experimento es de vital importancia, ya que demostró que era posible obtener en un mundo abiótico, moléculas de importancia biológica, si bien mantiene la interrogante de cómo se formaron en la Tierra los ladrillos fundamentales de la vida y la posterior formación de proteínas.

3.3. Cometas, Meteoritos y el Origen de la Vida

Cuando grandes trozos de materia interplanetaria entran en la atmósfera, sus capas externas desaparecerán, pero el centro es probable que sobreviva y golpee el suelo. El objeto que golpea el suelo es llamado un meteorito. La velocidad con que los meteoritos pequeños golpean el suelo en promedio es de 500 Km/hr. Los laboratorios de investigación poseen alrededor de 3000 meteoritos, estos son de diferentes tipos, meteoritos rocosos, meteoritos ferrosos, y las raras condritas carbonáceas.

Las Condritas Carbonáceas son un tipo bastante abundante de meteoritos hallados sobre la superficie de la Tierra, son fragmentos del cinturón de Asteroides (cinturón principal). Los meteoritos carbonáceos contienen un residuo orgánico rico en hidrocarburos aromáticos y de otras clases, ellos poseen desde 0.35 a 4.8 % de carbono versus 0.1 % de los meteoritos ordinarios. Se ha identificado, así mismo, cierto número de aminoácidos y de bases nucleótidas.

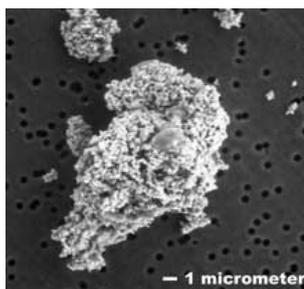


Figura 10: Imagen de microscopio electrónico de una partícula de polvo interplanetario obtenida en la estratosfera.

Al igual que los meteoritos, el polvo interplanetario está compuesto por moléculas orgánicas, los materiales orgánicos aportados por meteoritos e pol-

vo interestelar en la actualidad pueden llegar a los 107 kg/año (Love and Brownlee 1993).

Los cometas son los remanentes de la formación del sistema solar y ellos pueden haber sido también portadores de compuestos orgánicos, incluso mayores que las condritas carbonáceas.

Aminoácido	Meteorito	Experimento
<i>Glicina</i>	****	****
<i>Alanina</i>	****	****
<i>Acido α-amino N-butírico</i>	***	***
<i>Acido α-aminoisobutírico</i>	****	****
<i>Valina</i>	***	**
<i>Norvalina</i>	***	***
<i>Isovalina</i>	**	**
<i>Prolina</i>	***	*
<i>Acido Aspártico</i>	***	***
<i>Acido Glutámico</i>	***	**
<i>β-Alanina</i>	**	**
<i>Acido β amino N-butírico</i>	*	*
<i>Acido β aminoisobutírico</i>	*	*
<i>Acido γ -aminobutírico</i>	*	**
<i>Sarcosina</i>	**	***
<i>N- etilglicina</i>	**	***
<i>N - Metilalanina</i>	**	**

Cuadro 2: Probablemente el más conocido y estudiado de las Condritas Carbonáceas es el que cayó el 28 de septiembre de 1969 en Murchison, Australia, de particular interés resulta la comparación con el experimento de Miller, ya que muestran aproximadamente las mismas proporciones relativas.

Cálculos hechos en 1990 [5] y 1992 (Chiba and Sagan) demuestran que el calor generado por impactos a alta velocidad en la Tierra podrían mantener todavía intactos material orgánico que portasen. Este método efectivo pudo portar constantemente material orgánico a la Tierra y podría ser la respuesta a como se formaron por ejemplo los aminoácidos en la Tierra.

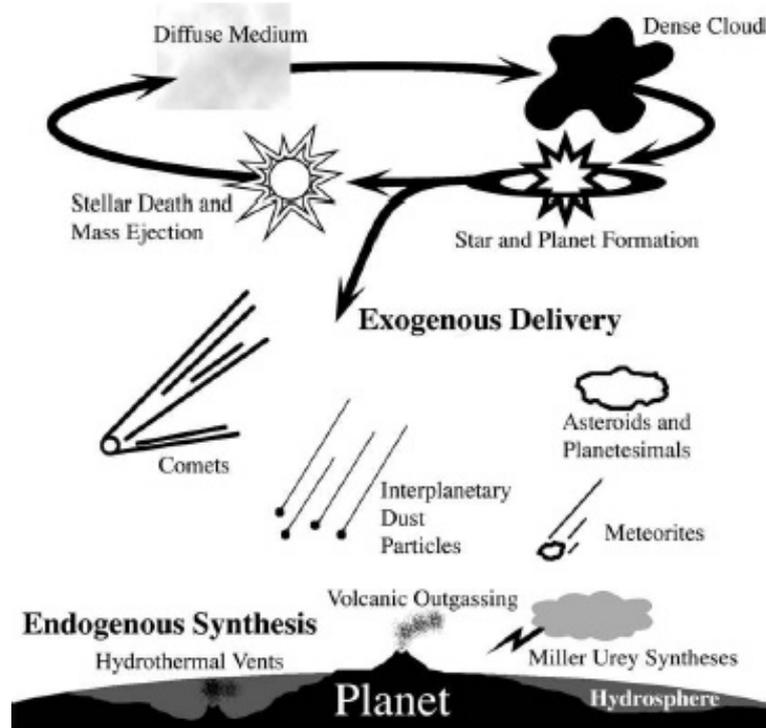


Figura 11: Ciclo de transporte de material orgánico interestelar a planetas.

Las evidencias muestran la importancia del material orgánico extraterrestre, aportado tanto por cometas como por meteoritos y polvo interestelar.

3.4. El Mundo del ARN

Como ya sabemos, en la actualidad las proteínas son sintetizadas gracias a las instrucciones del ADN, a su vez el ADN requiere enzimas¹² (que están compuestas de proteínas) para replicarse, estamos entonces en una problemática similar a la del huevo y la gallina.

Una posible solución es la teoría propuesta a finales de los años 60 de manera independiente por Carl R. Woese, Francis Crick y Leslie Orgel y posteriormente en 1986 Walter Gilbert le da el nombre de “El Mundo del ARN” [6].

Esta teoría supone la existencia de una molécula más sencilla que el ADN, para portar la información y, que a su vez cumpla la función de catalizador, incluyendo las reacciones químicas para la autorreplicación, es decir, hubo

¹²Las enzimas son catalizadores biológicos.

una época en la cual solamente un ácido nucleico manejó todas las tareas requeridas para la supervivencia de una célula.

El ARN es utilizado por las células para transportar información y cumple funciones de catalizador biológico en los ribosomas¹³, aunque sus características en células son limitadas se han fabricado ribosomas capaces de una amplia clase de reacciones catalíticas, incluyendo algunas que promovieron la formación de enlaces peptídicos.

Numerosas enzimas son o derivan de ribonucleótidos, la síntesis de desoxinucleótidos se realiza a partir de ribonucleótidos. Existen diversos tipos de ARN cada uno de ellos tiene su propia secuencia de bases, llamada genotipo y una configuración tridimensional, llamado fenotipo.

Al comienzo, la teoría del ARN tenía el problema que solo existen 8 riboenzimas conocidas en la naturaleza, sin embargo, se ha logrado sintetizar ARN catalizador con la capacidad de auto replicarse a partir de bloques más simples[7], además con una exactitud en la replicación del 95 %, independiente de la longitud del ARN o del orden de secuencia.

Aceptando entonces la teoría del mundo del ARN, hemos simplificado la problemática inicial debido a que no se requiere ADN ni proteínas, sí el ARN puede actuar como un catalizador, pero ahora surge la pregunta natural, ¿de donde o como apareció el ARN?, ya que si bien es una molécula más simple que el ADN, aún sigue siendo una molécula bastante compleja.

Aunque la teoría del mundo del ARN es una gran alternativa, se piensa que debían existir sistemas replicativos más simples, ya que la teoría del ARN no esta libre de problemas. En un par de cientos de millones de años debieron aparecer sobre la Tierra diversas formas de polímeros como el ARN de origen inorgánico que finalmente evolucionaron en sistemas auto replicantes.

Existen posibles candidatos a antecesores del ARN y ADN, son los: (L)-a-treofuranosil oligonucleótido (ATN); El piranosil-ARN (p-ARN) y el ácido nucleico peptídico (ANP).

El ATN fue sintetizado artificialmente, y es muy similar al ARN pero es una molécula más simple, debido a su esqueleto de azúcar-treosa, que posee sólo cuatro átomos de carbono, además en condiciones abióticas, la treosa se forma más fácilmente que la ribosa y requiere solo un tipo de compuesto al inicio. Pero, aún se debe estudiar la síntesis de ATN en ambientes prebióticos.

El ANP posee el mismo esqueleto químico que las proteínas y utiliza las mismas bases que el ARN y puede unirse a cadenas simples de ADN, además experimentos recientes indican que este podría formarse en condiciones prebióticas, pero su eje rígido al parecer le impediría llevar a cabo las funciones

¹³Los ribosomas son ciertos tipos de moléculas naturales del RNA que pueden comportarse como enzimas, catalizando a su propio ensamble.

de catalizador.

El p-ARN también puede formar una doble hélice, pero esta doble hélice es estructuralmente incompatible con las formadas por el ARN y el ADN, lo cual lo descarta en primera instancia ya no habría sido capaz de transmitir información.

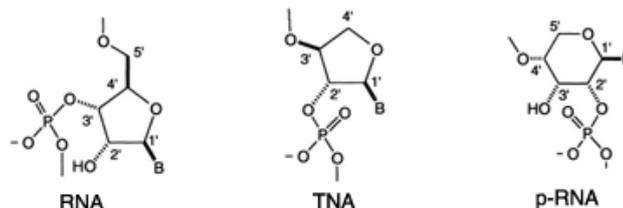


Figura 12: Estructuras del ARN, ATN y p ARN.

Es posible que en los próximos años se llegue a desarrollar un posible ancestro del ARN y se logre sintetizar en condiciones de laboratorio ARN, pero nunca se podrá saber si en la Tierra prebiótica estas fueron la serie de reacciones que dieron origen a los ácidos nucleicos.

Por ejemplo, según modelos computacionales, es posible que la radiación UV haya sido fundamental en el origen de ARN, estos modelos indican como podría formarse el ARN a partir de azúcar, fosfatos y bases nitrogenadas en presencia de altos niveles de radiación UV[8], las bases nitrogenadas absorben y dispersan la radiación UV dando protección a la Pentosa-Fosfato, en otras palabras, las bases nitrogenadas servirían como un escudo protector. De esta forma se podría pensar que estas bases fueron utilizadas inicialmente con esa función y posteriormente habrían cumplido las ya conocidas funciones de transferencia de información.

En éstos modelos computacionales, los ARN's estables ante la radiación UV, permitieron darle a estos, una ventaja comparativa aumentando en número debido a la selección natural. En un mundo irradiado por grandes cantidades de radiación UV, las moléculas capaces de sobrevivir y/o proliferar serían las que evolucionarían.

Entonces, hace unos 3900 millones de años algunos tipos de ARN fueron más estables, la replicación pudo tener errores que en algunos casos desfavoreció la evolución y en otros la favorecieron (evolución darwiniana) dando como resultados una familia de ARN, entonces, el ARN catalizaba la formación de enlaces peptídicos entre aminoácidos para la formación de proteínas, el ARN serviría de "molde" que permitiría la formación de péptidos. Al formar un péptido, este a su vez podría ayudar al ARN a replicarse, iniciando

una simbiosis entre este tipo de moléculas.

Presumiblemente, el siguiente paso fue la utilización de membranas, que aislara y protegiera el ARN de reacciones que desfavorecieran la evolución molecular.

Al transcurrir el tiempo, la función de catalizador biológico fue reemplazado por las enzimas que eran más eficientes, las nuevas enzimas pudieron sintetizar el ADN que es más estable y eficiente en la autorreplicación, además esta estructura particular permite la reparación de cadenas dañadas, ya que utiliza la otra semihélice como molde.

Para comprender cada uno de estos fenómenos existen muchas teorías paralelas, cada una apoyada en evidencia experimental, lo cual nos indica que es posible que nunca sepamos realmente cuales fueron la serie de procesos que acontecieron en la Tierra hace unos 3800 o 3900 millones de años atrás y que dieron como resultado este maravilloso fenómeno de la naturaleza que denominamos vida, hasta es posible que en el futuro se logre reproducir vida completamente en el laboratorio.

3.5. Orígenes de las Primeras Membranas

Es esencial para las futuras células la aparición de las membranas, que podrán mantener en un ambiente adecuado a los ácidos nucleicos. No está claro como nace la simbiosis entre membranas y ácidos nucleicos, pero sin duda esto será un paso certero en la evolución darwiniana, ya que sin esta relación es posible que los ácidos nucleicos no pudiesen sobrevivir por mucho tiempo, más aún si pensamos en ácidos nucleicos catalizadores, es muy importante para su evolución no perder la información codificada en su secuencia, ya que esta debía ser bastante condensada, tal vez una misma palabra (con un alfabeto de 4 letras) dependiendo de como se leyese, podría contener información de como elaborar diversos polímeros.

Las membranas celulares están compuestas de una bicapa lipídica, los lípidos están compuestos de dos partes, una cabeza polar hidrófila y otra cola apolar hidrófoba, el tipo de moléculas que tienen esta configuración son llamadas “*amphiphiles*¹⁴”.

Por el momento supondremos la existencia de este tipo de moléculas “*amphiphiles*”, ellas en presencia de agua líquida se auto ensamblan debido a las interacciones hidrofóbicas. La hidrofobicidad es fundamental no solo para la membrana celular sino también para las estructuras de las proteínas.

¹⁴Palabra no traducida

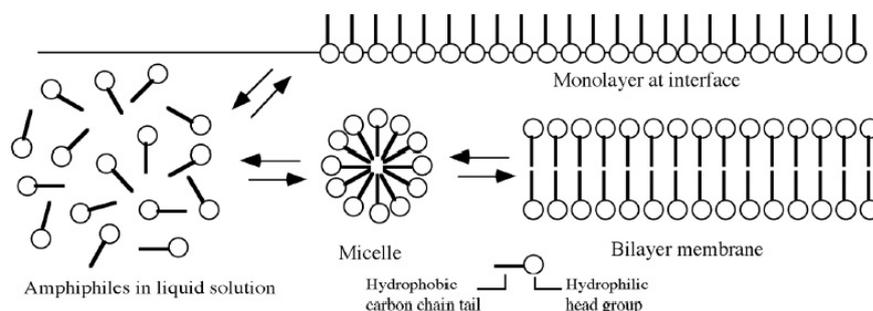


Figura 13: Debido a las interacciones hidrofóbicas las moléculas “amphiphiles” en presencia de agua líquida se auto ensamblan de forma de dejar en contacto con el agua la parte hidrófila y alejando la parte hidrófoba, sobre la superficie se forma una capa, en otro caso colapsan formando pequeñas gotas (micelle) o dobles estratos.

En laboratorio se pueden reproducir diversos tipos de membranas, los principales son los liposomas, los coacervados y los proteínoides.

Las nanocápsulas se fabrican usando fosfolípidos. Al interior de las células cápsulas similares llamados liposomas (literalmente cuerpos grasos) son utilizados para transportar materiales. Algunas características interesantes de los liposomas son por ejemplo que pueden contener moléculas orgánicas, son semi-permeables, presentan fenómenos osmóticos, pueden tener potencial de membrana, pueden fusionarse y fisionarse, exhiben metabolismo y excitabilidad.

Otros tipos de membranas no lipídicas son los coacervados (del latín *cum acervo*), término dado por Oparin a las estructuras coloidales que representaban un paso previo en la evolución de la materia orgánica, que daría paso a las primeras células. Actualmente se denominan *coacervados* a las pequeñas gotas que se auto ensamblan (por interacciones hidrofóbicas) cuando se agita una solución de polipéptidos, ácidos nucleicos y polisacáridos. Si se incluyen enzimas entre los ingredientes, los coacervados son capaces de absorber sustratos de su entorno y liberar productos de las reacciones catalizadas por las enzimas (un rudimentario metabolismo).

En 1957 el bioquímico Sydney Fox encontró calentando una mezcla de 18 aminoácidos en un recipiente metálico a 70 °C en presencia de ácido fosfórico¹⁵, y gracias a que el recipiente metálico evapora el agua liberada producto de la unión de aminoácidos, la presencia de estructuras similares

¹⁵La polimerización inorgánica de aminoácidos en proteínas, requiere la formación de enlaces peptídicos. Los que sólo ocurren a temperaturas sobre 140°C.

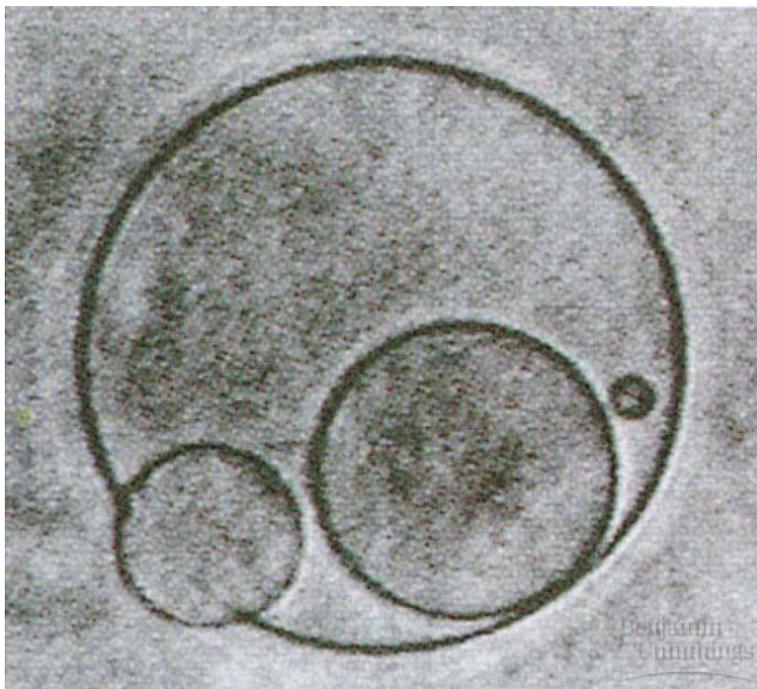


Figura 14: Nanocápsulas.

a las proteínas que llamó *proteínoides* para distinguirlas de la moléculas de origen biológico. Posteriormente en 1958 depositó en agua caliente y levemente salada, proteínoides, al enfriarse se observó pequeños glóbulos que llamó microesferas. Estas microesferas se forman debido a que algunas cadenas de aminoácidos son más hidrofóbicas que otras. La membrana proteínica al igual que la de las nanocápsulas son semi-permeables, presentan procesos osmóticos, pueden tener potencial de membrana, pueden fisionarse, exhiben metabolismo y en algunos casos excitabilidad. Las microesferas son utilizadas en aplicaciones farmacéuticas.

Podemos observar que en los casos anteriores necesitamos la presencia de un solvente polar, este lugar lo ocupa el agua, el problema fundamental es que al formarse en enlace peptídico se libera una molécula de agua, es poco probable que esta reacción se realice en un medio acuoso. De esta manera nos encontramos en una problemática, las membranas se forman en presencia de agua, pero las proteínas no. En este caso no sabemos si las proteínas fueron esenciales para los primeros seres vivos, contamos aún con el hecho que un ácido nucleico catalizador cumplirá la función de enzimas y por ende no necesitaríamos en primera instancia las proteínas.

Recientemente se ha propuesto[9] la posibilidad que el ensamble de mem-

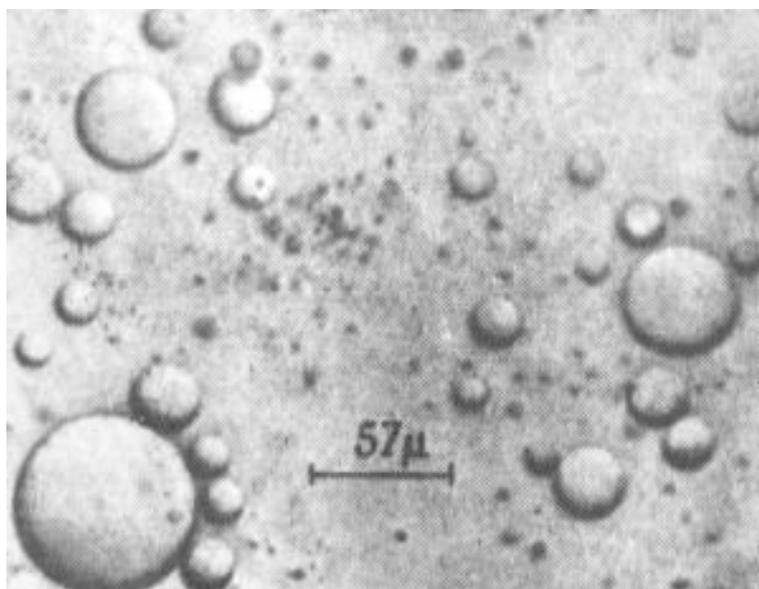


Figura 15: Coacervate droplets formed by interaction between gelatine and gum arabic. A. I. Oparin.

brana haya ocurrido en una estrato entre un medio acuoso e hidrofóbico y aceitoso, cerca de la superficie, así podría no depender de la energía solar como fuente primaria. Su modelo se basa en la polimerización del metano atmosférico creando una capa hidrofóbica de hidrocarburos líquidos en la superficie de la Tierra, que percolarían y serían concentrados, tanto monómeros como polímeros, en un estrato subterráneo cálido y protegidos de la radiación ultravioleta, este ambiente permitiría todavía la foto-oxidación de hidrocarburos líquidos y reacciones de “*emulsificación*” en la capa de agua-aceite. La capa hidrofóbica en la superficie permitiría también disminuir la evaporación de agua, proveyendo de esta forma, el solvente necesario para las reacciones. Serían estos importantes eventos que permitirían la formación de membranas. Pero hace 3.900 millones de años atrás, en la atmósfera el metano era solo un gas de traza, de esta manera resulta difícil de comprender que estos eventos hayan realmente sucedido.

Otra posibilidad, es la formación de membranas en las zonas hidrotermales (*hydrothermal vents*), estos ambientes tienen la ventaja de poseer una fuente de energía independientes del Sol, ya sea como fuentes térmicas y químicas, pero debido a las débiles fuerzas de auto ensamblaje muchos se inclinan porque esta no es la vía correcta, sin embargo un reciente experimento[10] ha mostrado que es posible el auto ensamble de lípidos y fosfolípidos a altas

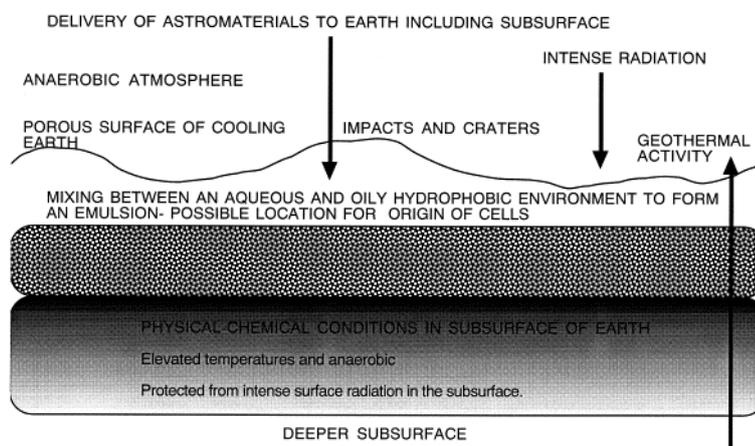


Figura 16: Modelo propuesto por Trevors[9] para el origen de la vida en un posible ambiente acuoso-aceitoso bajo la superficie.

temperaturas (sobre 120 °C), sus resultados muestran que mono capas de lípidos son capaces de retener diferentes moléculas por algunas horas y que los lípidos no se degradan a esas temperaturas.



Figura 17: Las grietas hidrotermales fueron descubiertas en 1977 son chimeneas de origen volcánico que se encuentran en las profundidades del Océano.

3.6. Orígenes de los Primeros Seres Vivos

El origen de los primeros seres vivos en la Tierra esta posiblemente ligado a la existencia cuatro factores: ácidos nucleicos, membranas, agua y alguna forma de energía.

Hemos analizado en general e independientemente la existencia de cada una de ellas, ahora intentaremos describir posibles formas de como la interrelación entre ellos (que suponemos existentes, en formación o evolución) nos llevaran al primer organismo vivo.

Tenemos entonces la existencia de los componentes fundamentales de las protocélulas o protobiontes.

Las macromoléculas deben en algún momento ser encapsuladas ya sea por monocapas o bicapas de moléculas “*amphiphiles*”, ya que puede que estas no sean permeables a largos polímeros.

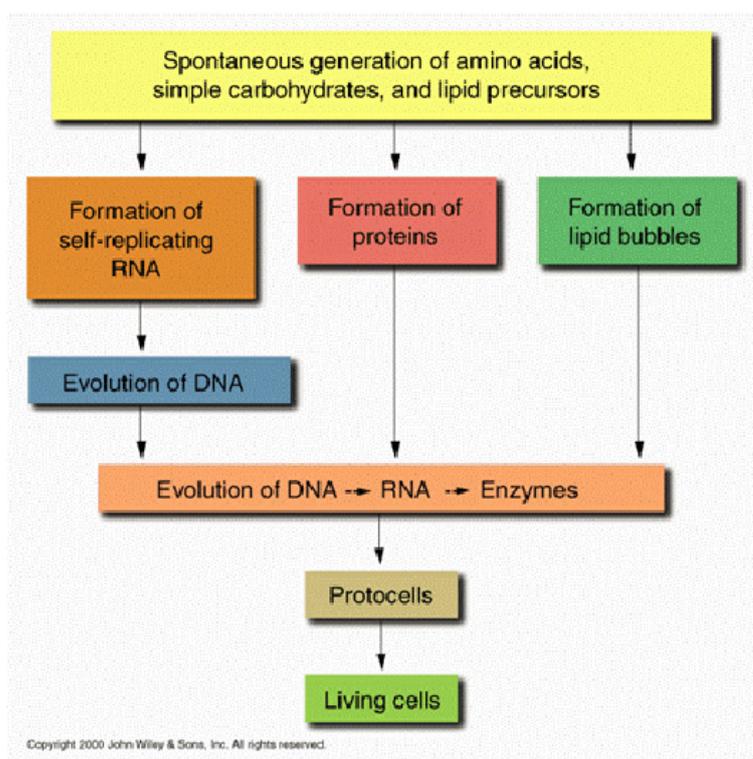


Figura 18: Evolución química que lleva a la formación de los primeros protobiontes.

Existen dos modelos particularmente interesantes que fueron dados a principios de la década de los 80' por medio de ciclos de hidratación-deshidratación, y congelamiento-descongelamiento, que pueden representar antiguos mares poco profundos o lagunas, donde las monocapas pueden atrapar largos polímeros (como ácidos nucleicos) como sándwich.

Por otra parte también se ha propuesto que los primeros seres vivos se pudieron originar en las chimeneas hidrotermales debido a que es probable

que el ancestro más antiguo pudo ser un tipo de hipertermofila que habita en estas regiones, pero el problema sigue siendo la generación de proteínas en ambientes acuosos (esto es aún una interrogante sin respuesta), también es posible que estos seres vivos, si bien no hayan sido los primeros, hayan sido los únicos sobrevivientes a una catástrofe masiva, como el bombardeo de meteoritos en la Tierra temprana.

A favor de esta propuesta está el hecho que los primeros seres vivos colonizaron los mares y océanos antes que la superficie, ya que ésta última tenía elevados niveles de radiación UV.

También es posible que el origen de la fotosíntesis, haya sido un producto incidental del sistema de detección termal que estos organismos extremófilos¹⁶ utilizaban como termosensores, moléculas parecidas a la bacterioclorofila permiten la disposición óptima del organismo a ambientes con un gran gradiente de temperatura.

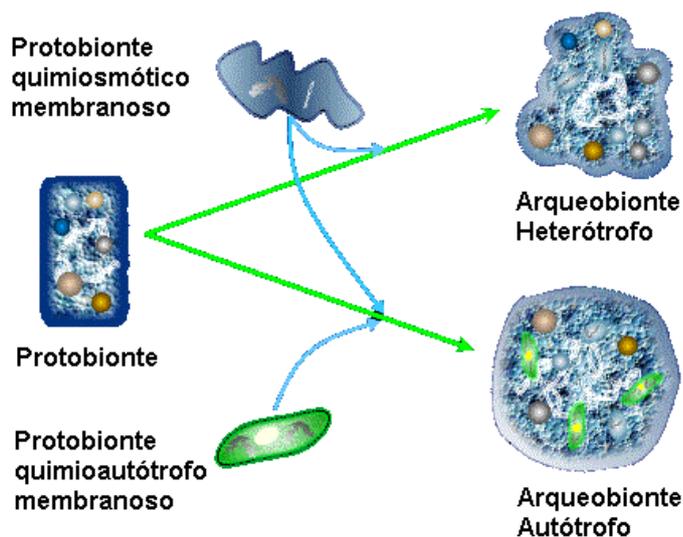


Figura 19: La evidencia muestra que la evolución darwiniana permitió que la simbiosis de diversos tipos de protobiontes produjera en organismos más complejos como los eucariontes, Cloroplastos y mitocondrias son probablemente resultado de esta simbiosis.

¹⁶Al tipo particular de archeas que viven en ambientes altamente tóxicos para la mayoría de los seres vivos, se les llama Extremófilos, por ejemplo se han descubierto algunos que viven en medios altamente ácidos como ácido sulfúrico, otro caso interesante son las bacterias que viven a bajas temperaturas en el hielo antártico.

4. Conclusiones y Comentarios:

El estudio del origen de la vida es un tema controversial, pero sin duda este debe ser tratado desde el punto de vista de la ciencia, no hay duda en la actualidad que la respuesta va a venir del trabajo conjunto de diferentes ramas de la ciencia.

Muchos científicos se inclinan por las teorías tradicionales, cerrando la posibilidad de abrir las puertas a otras, que siendo menos ortodoxas en las ultimas décadas han ido tomando fuerzas y consistencia desde el punto de vista experimental.

Importantes científicos trabajan en diferentes vías, dando diferentes modelos posibles, pero ciertamente no necesariamente el que siguió el origen de la vida en la Tierra.

Durante el desarrollo de este trabajo he leído diversos artículos científicos y otros no tan científicos, lo cual después de una larga reflexión me permiten tener una idea propia (al menos eso creo) acerca de la complejidad de los fenómenos que terminaron en lo llamamos vida.

Lo primero a que me referiré es que no existe, o por lo menos no he sabido, una prueba indiscutible que antes de la aparición del primer organismo vivo, existió evolución darwiniana¹⁷, las evidencias muestran indiscutiblemente que después de la aparición del primer ser vivo, siguen una evolución darwiniana, sin embargo se piensa que de la misma forma como evolucionó la vida se va de los menos a lo más complejo.

Un desafío a la razón significaría la creencia absoluta que en un par de cientos de millones de años se combinaron los aminoácidos para formar proteínas y más aun proteínas de interés biológico o la misma formación de ácidos nucleicos, no pueden resultar de hechos fortuitos. Los cálculos acerca de las posibles formas diversas de proteínas son abismantes, la mayoría sin importancia biológica, ¿como es posible que en tan poco tiempo haya existido una selectividad de tal tipo?

La ciencia tiene la obligación moral de aunar sus esfuerzos para tratar de descubrir cuales fueros la series de procesos que llevarán al origen de la vida, quizás una de las preguntas más importantes desde el punto de vista socio-cultural. Se debe extirpar de la mente humana con argumentos sólidos la intervención ya sea divina o de otro tipo en la creación de vida, si no se logra este objetivo en el futuro, por lo menos debemos tener respuestas a preguntas como: ¿cómo se originan las proteínas y los ácidos nucleicos en la Tierra temprana? y luego ¿como es posible que se llegue a originar la simbiosis entre este tipo de moléculas y las membranas?.

¹⁷Discusiones con la Profesora Alessandra Gliozzi me indica ver el siguiente texto: ??

5. Bibliografía:

1. “Química General”. Petrucci, R.H. Addison Wesley Iberoamericana, Madrid, 1977. Cap. 20 Estructuras y Reacciones Orgánicas.
2. “The Origin of Life”. A.I. Oparin. Moscow 1924 (English translation by Ann Synge).
3. “El origen de la vida”. Clair E. Folsome. Editorial Reverté, Barcelona 1989.
4. “Origin of Life on Earth”. Leslie E. Orgel. Scientific American, Vol. 271, October 1994, p. 78.
5. “Prebiotic Soup – Revisiting the Miller Experiment”. Jeffrey L. Bada and Antonio Lazcano. Science, Vol. 300, May 2003, p.745.
6. “Synthesizing life”. Szostak, J.W., Bartel, D.P., and Luisi, P.L. Nature 409, (2001) 387–390.
7. “The First Cell Membranes”. David Deamer, Jason P. Dworkin, Scott A. Sandford, Max P. Bernstein, and Louis J. Allamandola. Astrobiology Vol. 2, 371-381 (2002).
8. “Extraterrestrial Intelligence”. Jean Heidmann. Cambridge University Press 1997, Part I The Bioastronomical Prospect (Caps. 1, 2, 3, 4).
9. Diversos artículos de las siguientes direcciones web:
 - a) 17: El Origen De La Vida En La Tierra, Evolución Celular Y Biodiversidad”, Luis Bolaños. Resúmenes de Clases Teóricas de la asignatura Biología General, Universidad Autónoma de Madrid.
Ir
 - b) “El origen de la vida desde un punto de vista geológico”, J. Arturo Gómez-Caballero y Jerjes Pantoja-Alor, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LVI, Núm. 1, 2003 P. 56-86
Ir

Referencias

- [1] Oxygen-isotope evidence from ancient zircons for liquid water at the Earth's surface 4,300 Myr ago, Stephen J. Mojzsis, T. Mark Harrison & Robert T. Pidgeon, *Nature* 6409, 178 - 181 (2001).
- [2] U-rich Archaean sea-floor sediments from Greenland - indications of >3700 Ma oxygenic photosynthesis, Minik T. Rosing and Robert Frei. *Earth and Planetary Science Letters* 217 (3-4) (2004) 237-244.
- [3] Geochemical evidence for terrestrial ecosystems 2.6 billion years ago, Yumiko Watanabe, Jacques E. J. Martini & Hiroshi Ohmoto, *Nature* 408, 574 - 578 (2000).
- [4] An Efficient Prebiotic Synthesis of Cytosine and Uracil, Miller, S. L., and Robertson, M. P., *Nature*, 375, 772 (1995).
- [5] Cometary delivery of organics molecules to the early Earth. Christopher Chyba, Paul Thomas, Leigh Brookshaw and Carl Sagan. *Science* 1990.
- [6] The RNA World, Gilbert W, *Nature*, 319, 618 (1986)
- [7] RNA-Catalyzed RNA Polymerization: Accurate and General RNA-Templated Primer Extension. Wendy K. Johnston, Peter J. Unrau, Michael S. Lawrence, Margaret E. Glasner, and David P. Bartel., *Science* 292, 1319-1325. (2001).
- [8] Survival of the fittest before the beginning of life: selection of the first oligonucleotide-like polymers by UV light, Armen Y. Mulikidjanian, Dmitry A. Cherepanov, Michael Y. Galperin, *BMC Evolutionary Biology* 2003, 3:12
- [9] Possible origin of a membrane in the subsurface of the Earth. Trevors, J.T. *Cell Biol. Int.* 27 451-457 (2003).
- [10] Formation of the initial cell membranes under primordial Earth conditions. M. Reza Mozafari, Celia J. Reed And Christopher Rostron. *Cell. Mol. Biol. Lett.* Vol. 9, Supplement 2, 2004.