



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

**Análisis del estado de actualización del
conocimiento de las teorías acerca del
origen de la vida en la educación media
superior, en Colegio de Bachilleres de Baja
California Plantel Miguel Hidalgo, en
Mexicali, Baja California.**

Tesis por experiencia profesional que para obtener el título de:

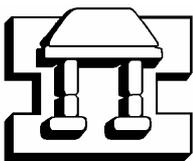
Bióloga

Presenta:

Martha Leticia Beltrán López

Director de tesis:

M. en C. Jorge Ricardo Gersenowies Rodríguez



IZTACALA

Los Reyes Iztacala Septiembre de 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A MIS PADRES.

Porque aun siguen conmigo.

A MIS HERMANOS.

Gracias por su apoyo para llegar a se lo que soy.

A CUAUHTÉMOC

Por ser la fuerza con la que cuento todos los días.

A MIS HIJOS, OSCAR E IVÁN

Que son la luz de mis días.

AL M. EN C. JORGE GERSENOWIES RODRIGUEZ

Compañero y amigo, gracias por su apoyo.

INDICE

1.- Introducción	1
1.1.- Desarrollo de la actividad profesional	2
1.2.- Justificación	3
2.- Planteamiento del problema	4
3.- Objetivos	5
4- Marco Teórico	6
5.- Marco de Referencia	31
6.- Método	33
7.- Resultados y discusión	37
8.- Conclusiones	56
9.- Bibliografía	59

1.- INTRODUCCION

La enseñanza de la Biología implica una renovación constante, ya que el conocimiento que se tiene de los diferentes procesos biológicos en un determinado momento histórico está estrechamente relacionado con el avance de la Tecnología así como de otras ciencias relacionadas. La Biología es una ciencia dinámica y su cuerpo de conocimientos está en cambio continuo.

Podríamos mencionar innumerables ejemplos al respecto, pero las Teorías sobre el origen de la vida, nos proporcionan material suficiente para hacer esta afirmación. La Teoría de la Generación espontánea fue aceptada sin cuestionamiento alguno alrededor de 2000 años y empezó a ser cuestionada en el año 1668 por Francisco Redi y, finalmente, completamente refutada con los trabajos de Luis Pasteur a finales del siglo XIX; es con los trabajos de Oparin y Haldane, en 1924 que se postula una explicación más estructurada y aceptada hasta nuestros días.

Actualmente, los textos que se utilizan como bibliografía básica para las asignaturas de Biología a nivel medio superior con relación al origen de la vida (y muchos otros temas), presentan un atraso aproximado de 20 0 25 años, ya que los trabajos más recientes que se plantean en estos textos, los cuales además, fueron la base para la elaboración del los contenidos programáticos, son los desarrollados por Leslie Orgel, Cyril Ponnamperuma y Lynn Margulis alrededor de los años 80's.

El presente trabajo consistió en analizar el estado del conocimiento que sobre el Origen de la vida se tiene a nivel medio superior, particularmente en Colegio de Bachilleres de Baja California, institución para la cual laboro desde hace 19 años y a partir de este análisis, formular una propuesta de modificación al programa de Biología I y elaborar un texto con información actualizada sobre este tema.

1.1.- DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.

La actividad profesional la he realizado de manera ininterrumpida de Septiembre de 1986 a la fecha, como docente en Educación Media Superior en el Plantel Miguel Hidalgo y Costilla, del cual soy maestra fundadora. Este plantel pertenece a Colegio de Bachilleres de Baja California y se encuentra ubicado en Av. Libertadores y Calle 52 en el Fraccionamiento Hidalgo, en la Ciudad de Mexicali, Baja California.

En estos 19 años de servicio he impartido diferentes asignaturas, las cuales han ido variando como consecuencia de los cambios curriculares que se han dado en la institución. Entre estas asignaturas se encuentran, Métodos de Investigación I y II, Geografía, Ciencias de la Salud I, Biología I y II, Sexualidad Humana, Temas Selectos de Biología I y II, Ecología, Educación Ambiental y Ecología y Medio Ambiente. Actualmente me encuentro impartiendo Biología I y II y Ecología y Medio Ambiente.

También he ocupado las Jefaturas de:

- Temas Selectos de Biología de 1997-1 a 1998-2.
- Educación Ambiental y Ecología de 1996-2 a 1998-2.
- Ecología y Medio Ambiente de 1999-1 a la fecha.
- Asesoría para Olimpiadas de Biología de 2001-1 a la fecha.

La experiencia adquirida en estos 19 años de servicio como docente han permitido reconocer la problemática de la escasa actualización de los contenidos programáticos, ya que durante este tiempo, no se ha realizado ningún cambio sustancial ni en los programas ni en los contenidos de los textos de apoyo que se emplean en la institución, solamente se han llevado a cabo cambios de forma o ubicación de los temas.

Dentro de las limitaciones para la elaboración de este trabajo se encontraba la dificultad en el acceso a la participación de las mesas técnicas para la elaboración o en su caso modificación de los programas de estudio de Biología I y II. Además, los maestros integrantes de la Academia Estatal de Biología son en su mayoría, médicos de profesión, lo que dificulta el abordaje de los temas desde la perspectiva del Biólogo.

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En las escuelas de Educación Media Superior, pertenecientes al Sub-Sistema de Colegio de Bachilleres, así como en las escuelas particulares incorporadas, la Biología se imparte en dos cursos semestrales; Biología I en cuarto semestre y Biología II en quinto semestre.

El programa de Biología I en su primera unidad, “Conceptos básicos de Biología”, presenta como tema central el Origen del Universo y de la Vida, incluyendo desde las teorías que los griegos se formularon sobre el origen de la vida, hasta los trabajos de Lynn Margulis en relación al origen de las células eucariotas, comprendiendo prácticamente el desarrollo de toda la unidad. Este tema representa en gran medida el sustento para el desarrollo de las siguientes unidades y para el programa de Biología II, en el cual se revisa el sistema de clasificación y la evolución del hombre, entre otros temas.

Cabe señalar, que esta problemática en cuanto a la actualización de los contenidos, no es exclusiva de los Colegios de Bachilleres, se presenta también en otros sistemas de Educación Media Superior en nuestro país.

Por tal motivo, considero que es impostergable la actualización y modificación de los programas ya que en los últimos años se han realizado numerosos trabajos y planteamientos teóricos que deberían incluirse en los programas de Biología a nivel medio superior.

3.- OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo como objetivos:

- Identificar el estado del conocimiento que sobre el origen de la vida se tiene a nivel medio superior, partiendo del programa oficial de la Asignatura de Biología I vigente en el Colegio de Bachilleres de Baja California y planteles particulares incorporados a este sistema.
- Formular una propuesta de modificación al programa vigente.
- Elaborar una monografía con información actualizada sobre el Origen de la vida para Educación Media Superior.

4.- MARCO TEORICO: REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL ACERCA DEL ORIGEN DE LA VIDA Y LA CÉLULAS

A- Problemática de la enseñanza del origen de la vida en el bachillerato: En los programas de Biología del Bachillerato aparecen dos temas que han resultado ser problemáticos tanto para su enseñanza como para el aprendizaje, estos son el origen de la vida (Biología II) y la diversidad metabólica (Biología III). Ambos temas fueron reubicados y ajustados en la última revisión realizada entre 2002 y 2003.

La aplicación en el aula y los resultados del examen de diagnóstico académico (EDA2003, 2004) han evidenciado que estos temas requieren una reorientación de las formas de enseñanza, pues en primer lugar se alejan del enfoque evolutivo y en segundo lugar no logran trascender el aula no generando un aprendizaje significativo, y de este modo los alumnos se quedan con una idea vaga y deformada de ellos.

En cuanto al tema del origen de la vida, este aparece de manera reiterada en los programas de bachillerato, parece ser que nadie duda de la importancia que los alumnos conozcan cómo se origina la vida en el planeta.

Sin embargo, la manera en que se aborda este tema da lugar a la formación de un pensamiento rígido, dogmático y alejado de toda actitud científica.

Esto sucede porque en este como en muchos otros casos, los profesores sólo conocen o manejan una teoría y esa es la que enseñan en el aula.

Las razones de que esto ocurra son diversas, en primer lugar puede ser que sólo manejen la teoría que les enseñaron en la escuela, la que se apega a su concepción de ciencia, la que les produce menos problemas para explicarla o aquella que es más fácil que los alumnos encuentren en los diferentes libros que utilizan como textos.

Como sea, es necesario romper con esta inercia pues sólo se está enseñando una parte del problema, actuando de manera tendenciosa y parcial.

Es obligación de los profesores como formadores de adolescentes, proporcionar al alumno diversas explicaciones de una misma problemática, para que ellos aprendan a tomar decisiones, a defender sus puntos de vista y a discriminar entre las opciones que tengan una mayor solidez argumentativa basada en evidencias firmes. De lo contrario se seguirá contribuyendo a que

los alumnos de preparatoria se vacunen contra la Biología y les parezcan aburridos, tediosos y sin sentido algunos temas.

B- El problema del origen de la vida: En la actualidad, no es fácil explicar el origen de la vida debido a que constituye un problema que sigue siendo objeto de fuertes discusiones, pues desde que se pretende definir ¿qué es la vida?, surgen diversas explicaciones entre las que se encuentra aquella que considera que "la vida es un estado de organización de la materia que se caracteriza por ser hipercompleja, autorreplicante, basada en una bioquímica y fisicoquímica particular, con capacidad para autoconservarse, autorregularse, con una interfase entre el medio interno y el externo".

Explicar cómo es que se llegó a esta organización es el objetivo que deben tener todas teorías acerca del origen de la vida.

C.- La teoría clásica del origen de la vida: La teoría más difundida entre los profesores de bachillerato para explicar el origen de este sistema material hipercomplejo que llamamos vida, es la de Oparin que propone que la vida se originó a partir de la formación de una sopa primitiva.

De acuerdo con esta teoría (Oparin, 1967) una vez que la tierra se formó, se vio expuesta a una gran actividad ambiental esto dio como resultado que su primera atmósfera se evaporara, dando lugar a una atmósfera secundaria caracterizada por una gran cantidad de compuestos como el metano (CH_4), el amoníaco (NH_3), al ácido cianhídrico (HCN) y otros más, todos bajo la acción de diversas fuentes de energía como la radiación solar (rayos UV de alta energía), descargas eléctricas, actividad volcánica, aunado a la ausencia de oxígeno libre, provocando un ambiente reductor. Los océanos primitivos tenían un pH aproximadamente de 8 y temperaturas cercanas a la ebullición. En este ambiente se supone que se originó la vida gracias a las reacciones de condensación, a partir de las cuales se formaron precursores orgánicos que por medio de mecanismos desconocidos dieron lugar a las estructuras precelulares, de las cuales existen diversos modelos como los coacervados, microesférulas proteicas, sulfobios y colpobios hasta llegar a los liposomas. Cada uno de estos modelos precelulares ha tenido ventajas y desventajas para poder explicar qué fue lo que realmente sucedió en aquellas postrimerías de la tierra primitiva hasta llegar a formar el primer sistema vivo.

Esta teoría fue apoyada experimentalmente por los trabajos de Miller y Urey en 1953 (Nelson, et, al., 2001), los que simularon las condiciones de la tierra primitiva en el laboratorio, logrando sintetizar aminoácidos como glicina, alanina, ácido aspártico, y ácido glutámico, además de diversos ácidos como son el fórmico, propiónico y acético.

Un avance muy importante lo realizó el bioquímico español, Juan Oro, quien en 1961 (Olea, 2004) añadió ácido cianhídrico y amoníaco al agua y obtuvo no sólo una mezcla de aminoácidos, sino adenina en abundancia. Más tarde añadió a su mezcla básica formaldehído y encontró ribosa y desoxirribosa.

Más adelante, Cyril Ponnampereuma, Ruth Mariner y Carl Sagan (Olea, 2004) añadieron adenina a una solución de ribosa, la cual en presencia de luz ultravioleta se obtuvo la formación de un enlace covalente entre la adenina y el hidrófilo del primer carbono de la ribosa produciendo adenosina. Si se añadía ácido ortofosfórico a la mezcla, obtenían el nucleótido completo.

En 1968, Sánchez, Kimble y Orgel (Olea, 2004) encontraron que uno de los productos importantes de una descarga eléctrica a través de una mezcla de CH_4 y N_2 es el cianoacetileno que fácilmente se convierte en las pirimidinas citosina y uracilo.

Los trabajos que apoyaron esta teoría postulan, que a través un proceso de evolución química por medio de reacciones de condensación llevaron a la formación de compuestos orgánicos que se aislaron del medio externo a través de una interfase lipídica, lo que permitió el desarrollo de una serie de pasos protometabólicos, dando lugar a que la primera forma de vida organizada fuera un procariota, unicelular, con un metabolismo anaerobio, heterótrofo y con bipartición como forma de reproducción que se formo hace aproximadamente 3800 millones de años (Olea, 2004).

Durante mucho tiempo esto se ha venido repitiendo esta teoría en el aula como la única que explica el origen de la vida en la tierra primitiva, en parte porque no se contaba con evidencias suficientes para poner en duda esta afirmación, sin embargo, es muy difícil imaginar a un heterótrofo como primera forma de vida sobre la Tierra, pues requeriría de compuestos orgánicos complejos para alimentarse, lo cual en esos momentos no era posible si recordamos cuales eran las condiciones que prevalecían en la tierra primitiva.

Además se calculó la posible concentración de la sopa primitiva y se llegó a la conclusión que era tan diluida que no hubiera permitido que se llevaran a cabo las reacciones de condensación que dieron lugar a las formas precelulares y mucho menos a las primeras formas de vida.

De ahí que la teoría del origen de la vida de Oparin deja sin responder varios puntos importantes, entre los cuales sobresalen:

- ¿Cómo fue el mecanismo mediante el cual se concentraron localmente las biomoléculas necesarias para que se organizara el primer sistema considerado viviente?
- ¿Cuál fue la fuente de energía que sostenía el primer sistema considerado viviente, debido a que esta debería ser continua y no tan azarosa como las diferentes fuentes empleadas experimentalmente?
- ¿Cómo fue el proceso que llevo a la asimetría molecular de las diversas biomoléculas?

El problema de la fuente de energía es sobresaliente, debido a que toda estructura viviente se encuentra en un estado estacionario, es decir, que necesita consumir de forma continua energía para mantener su estructura. Ahí radica la debilidad de todos los modelos precelulares tradicionalmente considerados (coacervados, microesferas proteicas, sulfobios, etc.) debido a que rápidamente alcanzan el equilibrio termodinámico propio de la materia inerte.

No obstante, seguimos enseñando que la teoría más aceptada es la de Oparin, a pesar de que en la actualidad ya existen muchas evidencias de que deben ser otros eventos y condiciones las que debieron haber ocurrido para dar origen a las primeras formas de vida.

D.- Evidencias Paleontológicas acerca del origen de la vida: El origen de la vida no se pueden abordar si no se revisan brevemente las pruebas paleontológicas de la vida sobre nuestro planeta, así tenemos que la Tierra se origino hace aproximadamente 4.5 Giga-años y el primer océano ya se había condensado hace alrededor de 4.4 Giga-años (Wilde et al. 2001). Hay buenas razones para creer que la vida surgió hace aproximadamente 3.8 Giga-años, porque los datos provenientes de isótopos de carbono proporcionan evidencia suficientes que sugieren la fijación biológica de CO₂ en rocas sedimentarias de esa edad (Mojzsis et al. 1996; Rosing 1999; Nisbet y Duerma 2001; Ueno et al. 2002).

Los estromatolitos ya estaban presentes hace 3.5 Giga-años, las estelas microbianas conservadas son pruebas de su depósito por procariontes fotosintéticos, (Walter 1983; Nisbet y Duerma 2001). Hace alrededor de 1.5 Giga-años, los llamados acritarcos llegaron a ser bastante abundantes, estos organismos unicelulares que son casi con seguridad eucariontes (Javaux et al. 2001) y probablemente algas debido a la presencia de una pared celular. Hace alrededor de 1.2 Giga-años, aparecen organismos multicelulares, estos fueron algas rojas (Butterfield 2000). Existen reportes de restos más antiguos relacionados con eucariotas, pero son cuestionables. Por ejemplo *Grypania* un fósil de hace 2.1 Giga-años (Han y Runnegar 1992), pudo ser tanto un procarionte filamentoso como un eucarionte filamentoso. Más recientemente, se encontraron esteroides en sedimentos de 2.7 Giga-años y son considerados como evidencia de la existencia de eucariontes (Brocks et al. 1999), pero varios grupos de procariontes incluso de proteobacterias metanotróficas (Schouten et al. 2000), myxobacterias (Kohl et al. 1983) y cianobacteria (Hai et al. 1996) producen los mismos tipos de compuestos, así que la evidencia de los esteroides para la edad de los eucariontes es muy cuestionable. Compuesto de carbono que llevan la firma isotópica del consumo biológico de metano biológicamente producido se encuentra desde hace 2.7 Giga-años (Hayes 1994), proporcionando la evidencia que nos permite considerar la existencia de eubacterias (metanotróficas) y archaeobacterias (metanogénicas) en periodos tan tempranos, y además indicando que los argumentos que ubican el origen de las archaeobacterias en hace alrededor de 850 millones de años (Cavalier-Smith 2002) es erróneo.

Estas referencias geológicas mantienen la posición que en el proceso de evolución temprana: el origen de los procariontes fue hace por lo menos 3.5 Giga-años y el origen de los eucariontes hace por lo menos 1.5 Giga-años. Pero se desconoce ¿Qué pasó durante esos primeros 2.5 Giga-años? ¿Cómo comenzó la vida bajo la tierra? ¿Por qué tomó a los eucariotas tan tiempo en aparecer? ¿Por qué los dos grupos de procariontes contemporáneos (eubacterias y archaeobacterias) son genéticamente tan coherentes y bioquímicamente tan diferentes? ¿Por qué no existe ninguna forma intermedia entre la organización procarionte y eucariota? ¿De dónde provino el núcleo? (Zillig 1991).

E.- Teorías emergentes acerca del origen de la vida: Las explicaciones emergentes acerca del origen de la vida se basan en un sinnúmero de trabajos en área como son la geoquímica, geología y astrobiología lo que ha permitido proponer diversas teorías alternativas al observar que la dinámica terrestre a nivel del subsuelo es mayor de lo que se creía, y que existen condiciones en los fondos marinos en los que se forman microhabitats favorables para que se lleven a cabo una serie de reacciones que permiten la síntesis de compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos, y lo mas importante, garantizar una alta concentración de dichos compuestos.

Entre esas condiciones ambientales se encuentran, la existencia de una interfase acuosa-hidrofóbica-arcilla, un aporte continuo de potencial redox como fuente de energía, la presencia de un aparato replicador primario y la capacidad auto catalítica.

Para intentar esclarecer el problema del origen de la vida es necesario abordar primero la probable presencia de un ambiente favorable para la formación de la vida, posteriormente la organización de una membrana, la fuente de energía, la existencia de un aparato replicador, la aparición de un protometabolismo, las primeras formas de vida, y a partir de ese punto, la diversificación de la vida y del metabolismo, hasta llegar a los eucariotas. De acuerdo con Morchio y Traverso (1999) la presencia de una gran cantidad de hidrocarburos hidrofóbicos cubría la superficie de la tierra primitiva lo que provocó que en el subsuelo se formaran ambientes acuosos en donde se establecían zonas de interacción entre los medios aceite-agua-suelo, esto pudo haber favorecido la formación de una interfase que diera lugar a la producción de micelas que aislaron en un primer momento pequeñas zonas o microhabitats. Además de proteger contra los rayos ultravioleta, reducir la evaporación, permitir la acumulación de monómeros y polímeros, este es un ambiente propicio para la fotooxidación de hidrocarburos líquidos y la formación de dos tipos de emulsiones: aceite-agua, aceite-arcilla (Figura 1).

La interacción aceite-agua establecería una primera forma de organización de protomembrana (micelas); la cual podría haber sido sustituida por una de aceite-arcilla debido a la gran capacidad que tienen las partículas de arcilla para reaccionar con otras partículas minerales, con el agua y con el aceite. Lo

cual continua sucediendo en los suelos actuales, dando lugar a microhabitats propicios para el crecimiento y desarrollo bacterial.

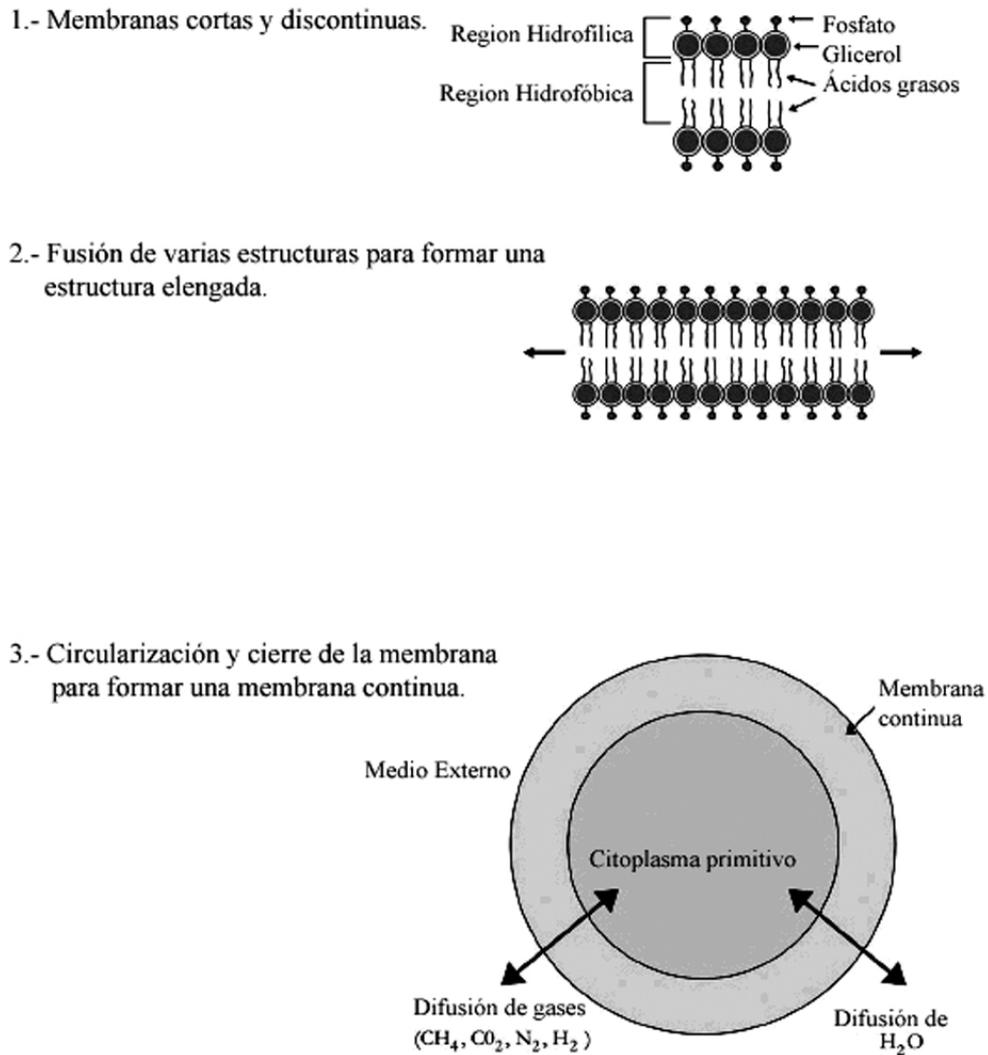


Figura 1.- Un posible esquema para la formación de una membrana celular simple en un ambiente hidrófobo (según Morchi y Traverso,1999).

Otro de los habitats descritos son los depósitos de sulfuro de hierro, en lugares tan diversos como las chimeneas hidrotérmicas oceánicas, las minas de plata, las zonas de géiseres, etc. Estos ambientes permiten la formación de precipitados complejos que se organizan dando lugar a compartimentos (figura 2) que funcionan como microhabitats lo cuales son propicios para llevar acabo reacciones fisicoquímicas primero y bioquímicas después (Boyce et al. 1983; Banks 1985; Russell y Hall 1997; Geptner et al. 2002).

Además de permitir la organización de protomembranas por la interacción entre los hidrocarburos hidrofóbicos-arcillas-precipitados de FeS. En estos ambientes es frecuente la formación de potenciales redox, los cuales pudieron haber sido la fuente principal de energía en la tierra primitiva (Boyce et al. 1983; Banks 1985; Russell y Hall 1997; Geptner et al. 2002).

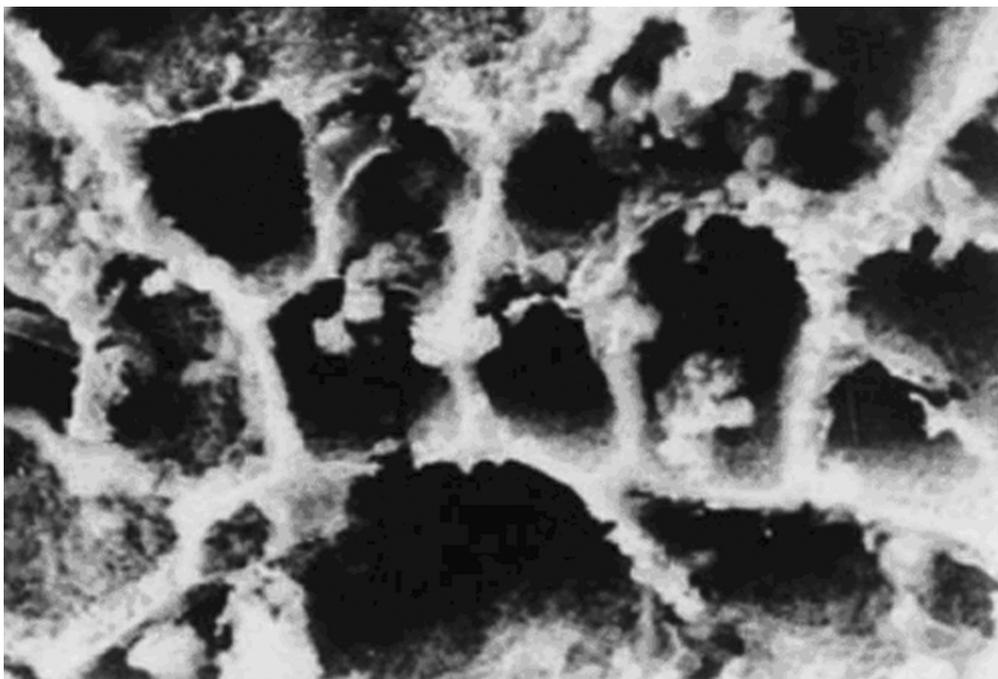


Figura 2.- Micrografía electrónica de precipitados de monosulfuro férrico, esta es una estructura creada en el laboratorio inyectando una solución de Na_2S (representando el fluido hidrotérmico) en la solución de FeCl_2 (representando el océano Hadeano) (Russell y Hall 1997). Se utilizaron altas concentraciones para producir una estructura examinable. Se producen estructuras similares en las aberturas hidrotérmicas submarinas en arcillas porosas (Tomado de Geptner et al. 2002).

Se han propuesto un modelo para explicar el origen de la vida a partir de las cavidades formadas por precipitaciones de sulfuro de hierro en donde se consideran diversos eventos hasta llegar al surgimiento de la vida.

El modelo tiene sus primeros antecedentes en los trabajos de Russell y Hall (1997), pero fue desarrollado completamente por Martin y Russell (2001), y consiste en una serie de eventos que pasan por varios niveles que comienzan en la base de una chimenea hidrotérmica submarina. En este nivel se desprende una solución hidrotérmica caliente con una fase terrestre (fondo marino) en donde se liberaban gases como hidrógeno, dióxido de carbono,

amonio, metano, cianuro, ácido sulfhídrico, carbonato de calcio y sulfuro de metilo (Figura 3).

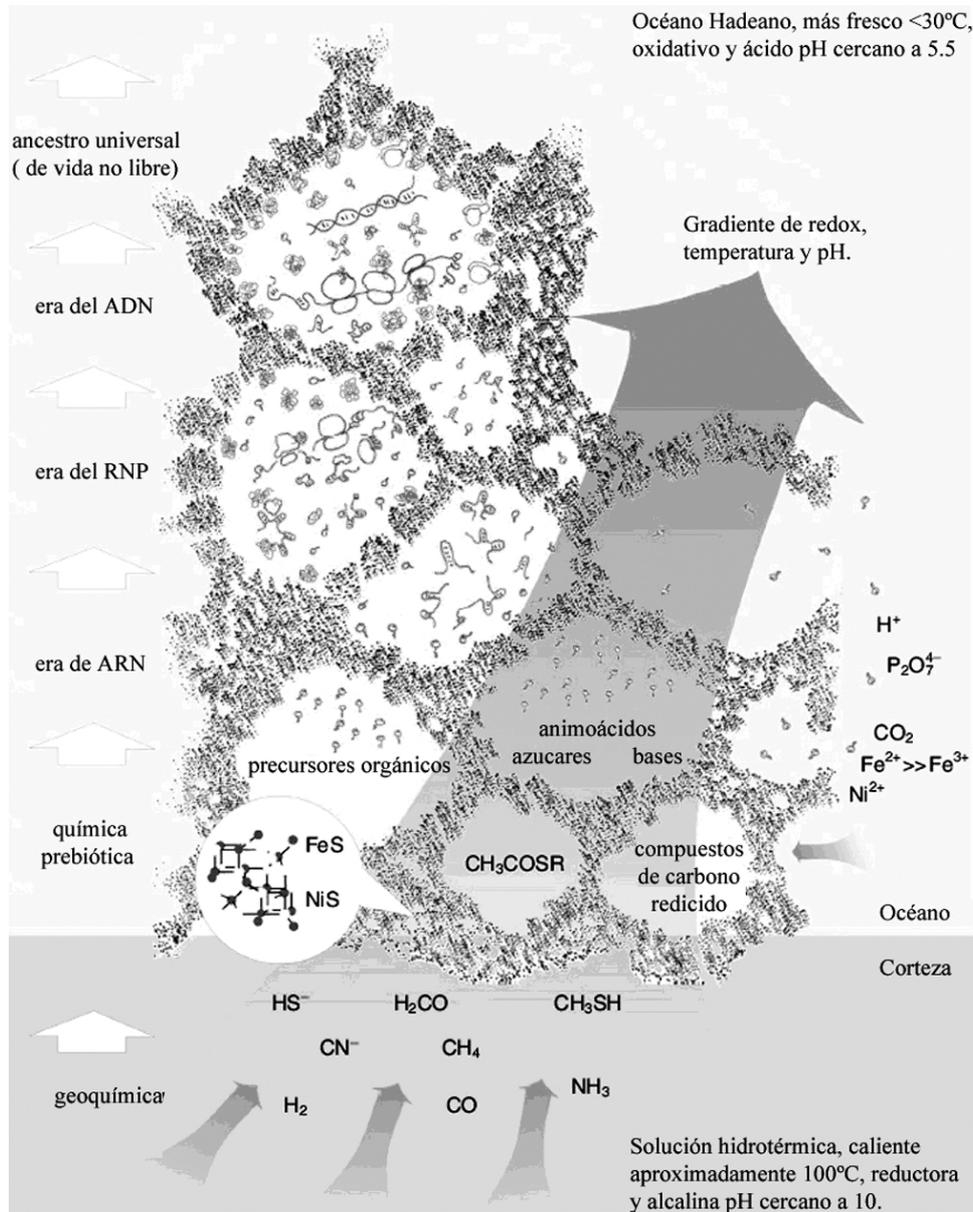


Figura 3. Un modelo para el origen de la vida en una abertura hidrotérmica submarina. Los términos era de ARN, RNP y ADN se usa para dar énfasis a que ninguna evolución de los ácidos nucleicos es posible sin una geoquímica de apoyo, más tarde la biogeoquímica y por último la bioquímica proporciona un flujo constante a concentraciones adecuadas de precursores polimerizables (por ejemplo nucleótidos) y así apoyar cualquier clase de replicación. (Según Martin y Russell, 2001).

En el siguiente nivel (Figura 3) estos gases ascendían a la fase oceánica y reaccionaban en los compartimentos formados por los depósitos de sulfuro de hierro (Martin y Russell, 2001).

Al ascender por los compartimentos se llevan a cabo reacciones de química prebiótica que dan como resultado sulfuro de hierro, sulfuro de níquel, tioacetato de metilo y compuestos de carbono reducido. Interacción entre partículas de arcilla proporcionarían un sustrato ideal para constituir una plantilla de información (Martin y Russell, 2001).

Un nivel más arriba (Figura 3) se puede localizar los compuestos pertenecientes al periodo denominado como lo la era del ARN, que se caracteriza por la presencia de precursores orgánicos, como aminoácidos, azúcares y bases nitrogenadas, además de la existencia de un potencial redox resultado de las reacciones de oxido-reducción del Hierro, Níquel, Dióxido de Carbono, hidrógeno y Fósforo. Estos precursores dieron lugar a cadenas cortas de ARN (Martin y Russell, 2001).

El siguiente estadio (Figura 3) es conocido como la era del RNP (ribonucleoproteínas) en donde ya se observa un aparato replicador, siendo determinante el papel de los ribosomas para la síntesis de proteínas (Martin y Russell, 2001).

Más adelante tenemos la era conocida como del ADN, en donde encontramos el aparato genético conocido, con el ADN, ARN y Proteínas surgiendo el dogma central de la biología molecular (Martin y Russell, 2001).

En estos momentos se cree que el papel de los ribosomas no era el de la traducción sin el de la transcripción, lo cual es apoyado por el hecho de que la peptidil transferasa, que es un enzima que se ha conservado casi desde el propio comienzo de la vida, y permite inferir que se realizaba el proceso de polimerización tanto de d-aminoácidos como de l-aminoácidos., es decir llevaba a cabo un proceso de síntesis prebiótica estéreo-específica, lo que podría explicar la asimetría molecular que existe en la actualidad (Martin y Russell, 2001).

A lo largo de todos estos estadios se un observa un gradiente redox y de temperatura constante, lo cual proporcionaba suficiente energía que podía mantener la existencia de un protometabolismo y los procesos genéticos básicos.

Hasta este momento todo sucedía en una matriz formada por los compartimentos de sulfuro de hierro. En un océano Hadeano con temperaturas menores a 30°C, oxidativo y con un pH cercano a 5.5 (Martin y Russell, 2001).

El siguiente estadio (Figura 4) en este modelo da como resultado al ancestro universal de vida libre (Martin y Russell, 2001).

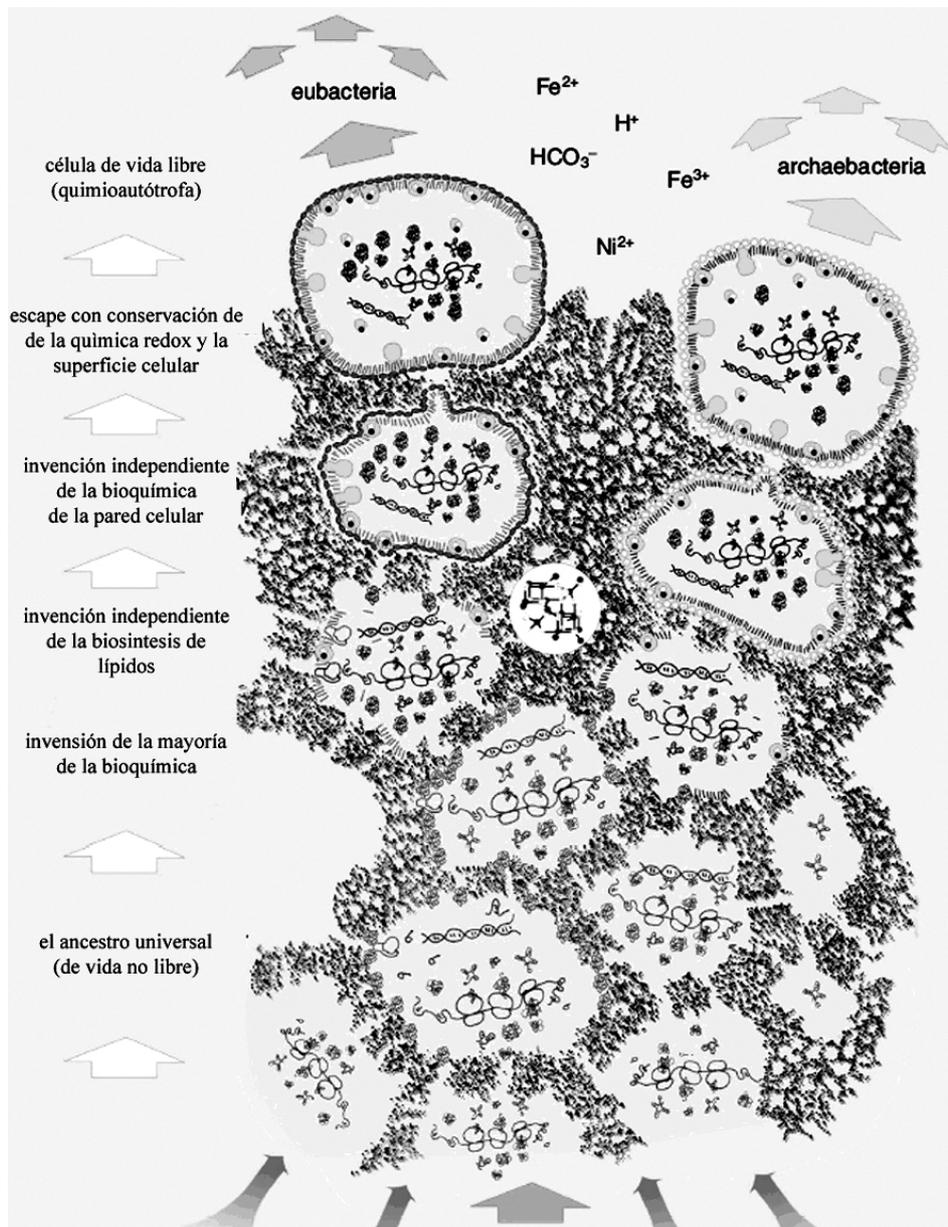


Figura 4. Un modelo como podría ocurrir el origen de la célula procariótica limitada por membranas a partir de un compartimiento del monosulfuro férrico dentro de la hipótesis del origen quimioautótrofo de la vida. El esquema implica (pero no muestra) poblaciones muy grandes de sistemas replicantes y las distancias físicas no están especificadas (sin embargo, están dentro de solo sitio de filtración submarina) entre la diversificación de los sistemas surgen a células eubacteriales y archaeobacterias de vida libre. Los diferentes tipos de intercambio genético postulados reiteradamente (Woese 2002) antes del origen de una verdadera organización celular procariota limitada por membrana podrían acondicionarse fácilmente en el modelo. Note que el monosulfuro férrico que se precipita es inicialmente coloidal (Russell y Hall 1997) e inflado formando los tipos estructurales generales mostrados en figura 2 formados por exhalaciones del fluido hidrotérmico.

Hasta aquí los eventos descritos sucedían en un ambiente compartimentalizado que protegía de presiones de selección y se encontraba a una profundidad de alrededor de 400 metros lo cual protegía al sistema de los nocivos rayos ultravioleta, pero en el momento en que el ancestro universal deja la matriz, responde a las presiones de selección adaptándose a través de la diversificación de su metabolismo y tomando un camino que le permite perpetuarse e invadir otros ambientes (Martin y Russell, 2001).

Las evidencias descritas permiten afirmar que el ancestro universal era procariota, quimioautótrofo, anaerobio, con capacidad autocatalítica, membrana hidrófoba-arcilla y un sistema de información en donde los cristales de FeS fueron muy importantes para el establecimiento de un aparato replicador de RNA en donde los ribosomas parecen haberse encargado de la transcripción más que de la traducción (Martin y Russell, 2001).

Una vez que el ancestro común invade otros lugares va siendo sujeto a presiones de selección que le permite modificar su metabolismo para adaptarse a las condiciones cambiantes del ambiente (Martin y Russell, 2001).

De tal manera que van diversificándose las formas metabólicas existentes, por ejemplo, entre los quimiosintéticos tenemos los que utilizan Fe, S₂, H₂, N₂, NO₂, NO₃, SO₂, todos aceptores finales de electrones con un ciclo de Krebs inverso (Martin y Russell, 2001). Al tiempo que se organizan nuevas rutas metabólicas como la fotosíntesis anoxigénica que utiliza, H₂S, y otros intermediarios.

En este punto ocurren eventos importantes que permiten el paso de un ancestro universal de vida libre a la conformación de una célula de vida libre como el tipo de arqueas o eubacterias (Martin y Russell, 2001).

F.- Los tres dominios: El gran desarrollo alcanzado por la biología molecular en los últimos decenios permitió avanzar un paso más en la investigación sobre los seres vivos, y por lo tanto, en los estudios acerca de su clasificación.

En 1987, Carl Woese, trabajando con técnicas de secuenciación, a partir del 16S rRNA, descubrió que dentro del grupo de los procariotas se habían incluidos organismos que, a nivel molecular, eran muy divergentes.

En 1990 planteó la necesidad de definir un nuevo taxón, el Dominio, que estaría por encima del Reino, y reagrupó a los seres vivos en 3 grandes dominios (que englobarían a los clásicos 5 reinos) (Figura 5).

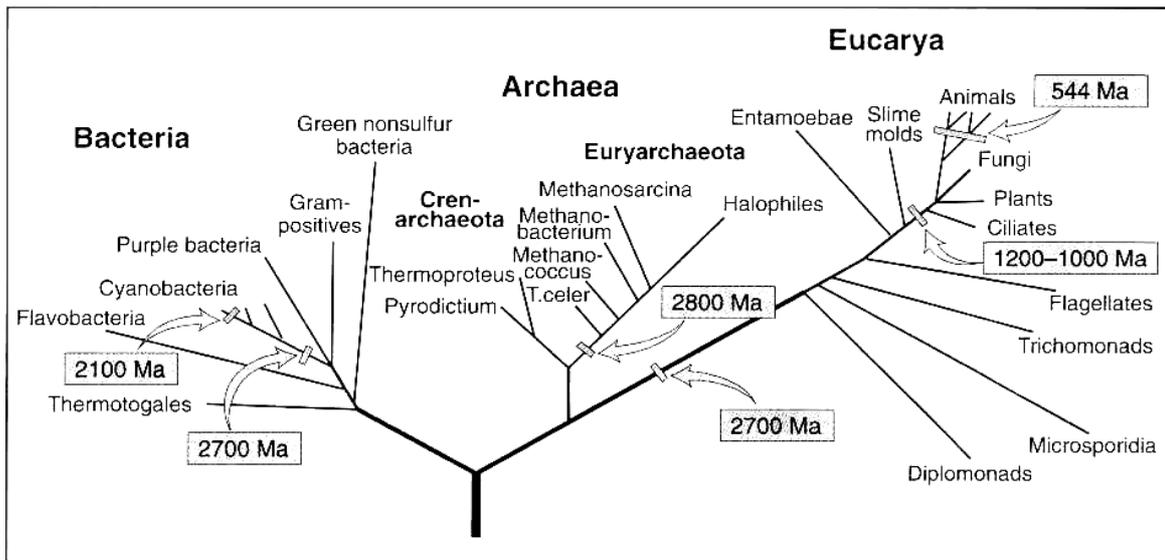


Figura 5.- Árbol filogenético de los seres vivos.

El Sistema de los Tres Dominios, propuesto por Woese y sus colaboradores, es un modelo filogenético de clasificación basado en las diferencias entre las secuencias de nucleótidos de los ribosomas y RNAs de transferencia de la célula, la estructura de los lípidos de la membrana, y la sensibilidad a los antibióticos (Figura 6).

Este sistema propone que una célula ancestral común que Carl Woese (1987) denominó protobionte o erogenote que representaría la unidad viviente más primitiva, pero dotada ya de la maquinaria necesaria para realizar la transcripción y la traducción genética, esta sería el antepasado común de los tres tipos diferentes de célula, cada una representaría un dominio. Los tres dominios son Archaea (archaeobacterias), Eubacteria (bacterias), y Eukarya (eucariotas).

G.- Archaea (Archaeobacterias): Los Archaea son células procariotas. Al contrario de Bacteria y Eukarya, tienen membranas compuestas de cadenas de carbono ramificadas unidas al glicerol por uniones tipo éter y tienen una pared celular que no contiene peptidoglicanos. Mientras que son insensibles a algunos antibióticos que afectan a las Bacterias, son sensibles a algunos antibióticos que afectan a los Eukarya. Los Archae tienen rRNA y regiones del tRNA claramente diferentes de Bacterias y Eukarya. Viven a menudo en ambientes extremos e incluyen a los metanógenos, halófilos extremos, y termoacidófilos.

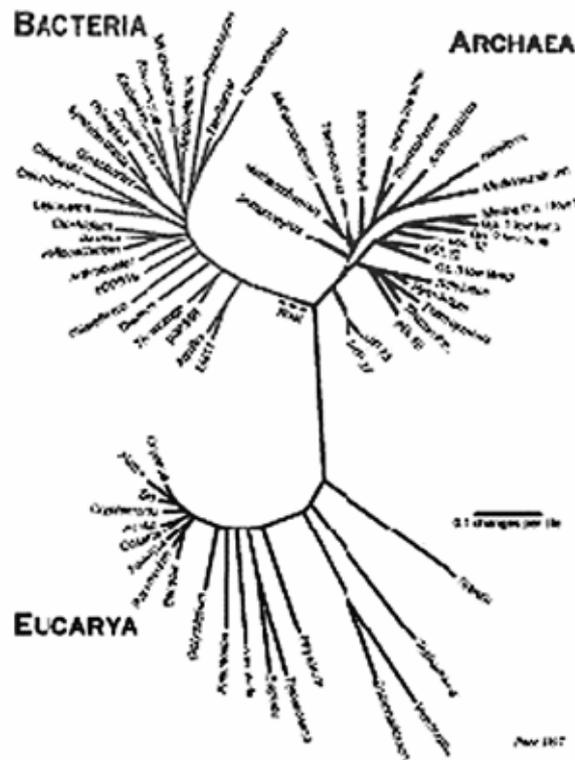


Figura 6.- El Sistema de los Tres Dominios, propuesto por Woese.

H.- Eubacteria (Bacterias): Las Eubacterias son células Procariotas. Como los Eukarya, tienen membranas compuestas de cadenas de carbono rectas unidas al glicerol por uniones tipo éster. Tienen una pared celular que contiene peptidoglicanos, son sensibles a los antibióticos antibacterianos tradicionales, y tienen rRNA y regiones del tRNA claramente diferentes de los Archaea y Eucarya. Incluyen a los mycoplasmas, cyanobacteria, bacterias Gram-positivas, y bacterias Gram-negativas.

I.- Eukarya (Eucariota): Los Eukarya (escrito también Eucaria) son Eucariotas. Como las Bacterias, tienen membranas compuestas de cadenas de carbono rectas unidas al glicerol por uniones tipo éster. Si tienen pared celular, no contiene ningún tipo de peptidoglicano. No son sensibles a los antibióticos antibacterianos tradicionales y tienen rRNA y regiones del tRNA claramente diferente de las Eubacterias y Archaea. Incluyen a los protistas, hongos, plantas, y animales (Figura 7).

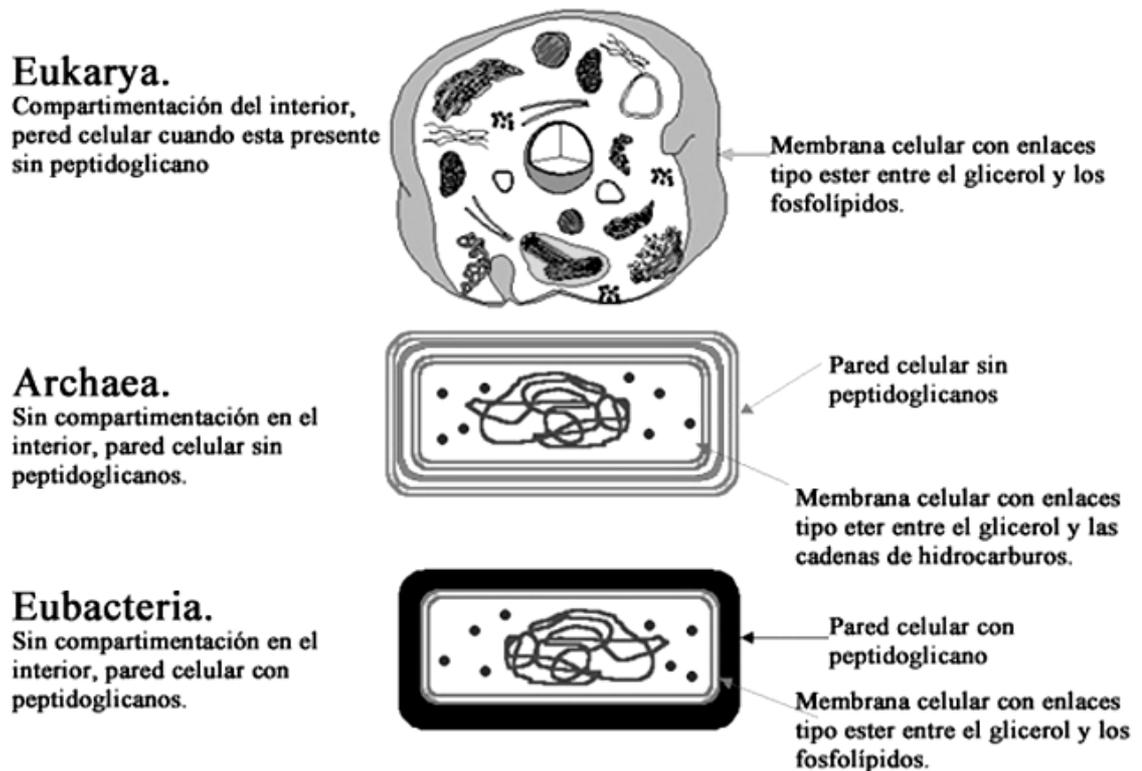


Figura 7.- Los tipos celulares en los tres dominios.

J.- El origen de las eucariotas: Durante un período de más de 2000 millones de años, solamente existieron las formas celulares archaea y eubacteria, por lo que se puede pensar que se adaptaron a vivir en todos los ambientes posibles y "probarían" todos los posibles mecanismos para realizar su metabolismo (Martin y Russell, 2001). Así la evolución temprana de la vida se produjo en estrecha relación con la evolución de la atmósfera, los océanos y el subsuelo tanto terrestre como marino.

Los pasos que llevan a la constitución de una célula procariota rodeada por membrana a partir de un compartimiento de monosulfuro férrico que explica un origen quimioautótrofo de la vida son los siguientes (Martin y Russell, 2002):

- Existencia del ancestro universal
- Conformación de la mayoría de la bioquímica necesaria para la vida
- Conformación independiente de biosíntesis de lípidos
- Conformación independiente de la bioquímica de la pared celular
- Organización de la primera célula de vida libre (quimioautótrofa)
- Divergencia bioquímica que da origen a dos caminos las arqueobacterias y las eubacterias

La presión de selección actuó a favor de aquellos organismos que desarrollaban nuevas formas de metabolismo, así un grupo comienza a utilizar el agua como donador de protones y electrones dando como resultado la liberación de O_2 a la atmósfera un elemento que hasta el momento no se encontraba en forma libre, el cual tiene un alto poder oxidativo, a este evento DeDuve (2004) lo denomina holocausto de oxígeno, por la gran desaparición de formas de vida que provocó. Aunque hayan desaparecido gran cantidad de organismos, si recordamos los microhabitats que se forman en el subsuelo y en las chimeneas oceánicas podemos esperar que allí se protegieran algunas especies, las cuales posteriormente se adaptaron e invadieron otros habitats. Este evento fue determinante para la aparición de una ruta metabólica que utiliza al oxígeno como aceptor final de electrones, la respiración aeróbica. Así, el árbol de la diversidad va adquiriendo nuevas ramas (Martin y Russell, 2002). De acuerdo al modelo de Martin y Russell, (2002) a partir de organismos procariotas, hasta el momento, estos pueden ser clasificados en dos grandes grupos; archaea y eubacteria.

De las arqueas debemos destacar que son:

- El grupo más antiguo, por sus características se les denomina extremófilas.
- No poseen pared celular con peptidoglicanos
- Poseen secuencias únicas en su RNA
- Poseen esteroides en la membrana (como los eucariotas)
- Poseen lípidos en la membrana con enlaces éter en vez de éster.
- Se reconocen al menos 2000 especies

Se clasifican en tres subdominios; crenarqueota hipertermofílicas y acidófilas; Euryarqueota halófilas, organismos que viven en ambientes con altas concentraciones de sal (NaCl), metanógenas, que son anaerobias obligadas, producen metano (CH_4) a partir de CO_2 e H pueden vivir en ambientes pantanosos, termoacidófilas, crecen en ambientes ácidos, cálidos, como fuentes sulfurosas, con temperaturas de más de $60^\circ C$ y pH de 1 a 2; korarqueota no cultivables hasta el momento (Martin y Russell, 2002).

En contraste las eubacterias son las bacterias verdaderas más modernas y tienen como principales características:

- Son unicelulares
- Carecen de organelos rodeados por membrana
- Reproducción por bipartición o amitosis
- Poseen de 1 a 4 cromosomas circulares desnudos en el citoplasma en una región denominada nucleoide.
- Poseen pequeños fragmentos de DNA circular extracromosómico conocidos como plásmidos, los cuales se relacionan con la resistencia a diversos factores ambientales.
- Presentan diversas formas como bacilos, cocos y espirilos.
- Son inmóviles o móviles por 1 o más flagelos peritricos
- Poseen pared celular con peptidoglicano
- Por las características de la membrana se dividen en Gram positivas y Gram negativas.
- Sus procesos bioquímicos se llevan a cabo en pliegues de la membrana plasmática.
- Son simbióticas o de vida libre
- Poseen gran diversidad metabólica

Estos organismos comenzaron a invadir una gran cantidad de habitats como resultado de las presiones de selección que se ejercía sobre ellos, durante el proceso muchos desaparecieron pero los que fueron seleccionados adquirieron formas metabólicas cada vez más eficaces lo que permitía su sobrevivencia y reproducción, asegurando la continuidad de los procariontes en el planeta. Durante más de 2000 millones de años fueron los únicos sistemas vivos sobre el planeta (Martin y Russell, 2002).

En la figura 8 se puede apreciar los principales eventos que se supone sucedieron en la tierra primitiva y que dieron lugar por un lado a la diversificación del metabolismo y a la diversidad biológica en procariontes.

Hasta el momento las formas de vida predominantes fueron los procariontes con su gran diversidad metabólica. Agrupadas tanto en arqueobacterias como en

eubacterias con un origen quimioautótrofo, un metabolismo general, una química orgánica catalizada por FeS y NiS como bioquímica ancestral.

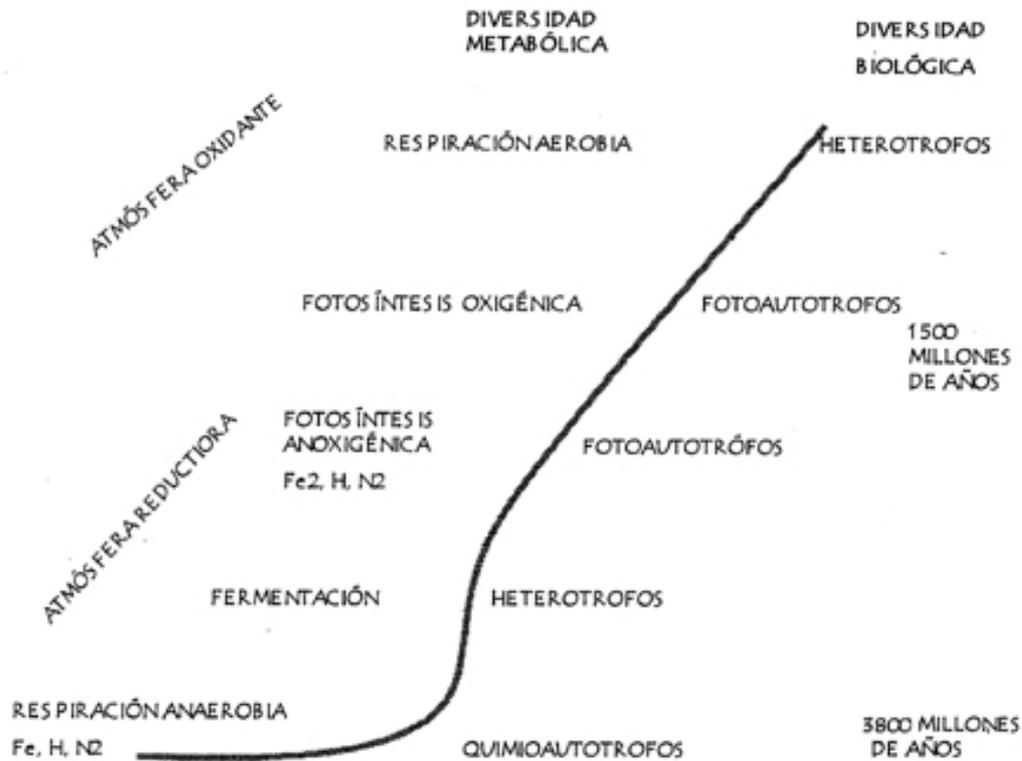


Figura 8.- Coevolución de la diversidad metabólica y biológica.

El paso siguiente fue la constitución de un nuevo tipo de células resultado no de un proceso de evolución prebiótica (química), sino de una evolución biológica. Este paso en la historia de la vida en la tierra se refiere al origen de las células eucariotas (Martin y Russell, 2002).

Aunque se ha discutido mucho acerca de si las eucariotas tuvieron un origen parecido a los procariontes (Woese 2002, Zillig 1991), evidencias actuales indican que el proceso que cuenta con más argumentos para ser considerado como el que dio origen a las eucariotas, es la endosimbiosis, mecanismo que fue propuesto por primera vez por Schimper (1883), posteriormente por Mereschkowsky (1905) y finalmente por Margulis (1968) (Margulis, 2001; Olea, 2004). La teoría endosimbiótica (TES) propuesta por Margulis, postula que las tres clases de orgánulos de la célula eucariota, mitocondrios, cloroplastos y

mitocondrias y cloroplastos, (figura 9) en este orden, se originaron a partir de bacterias simbiotes. Por lo tanto, todas las células animales tienen al menos 3 clases de ancestros y todas las células de plantas 4. Existe

una gran cantidad de evidencias moleculares, ecológicas y fisiológicas que apoyan la TES, el único punto que aún se encuentra en discusión es el caso del undulipodia, pues hasta el momento no se ha encontrado DNA, en comparación con la mitocondria y el cloroplasto. Aunque esta teoría ha proporcionado gran cantidad de información relacionada con el origen de la célula eucariota, tiene aspectos que requieren ser revisados, porque toma como célula huésped a un depredador heterótrofo lo que es congruente con la propuesta de Oparin pero no con los hallazgos actuales acerca del origen de la vida.

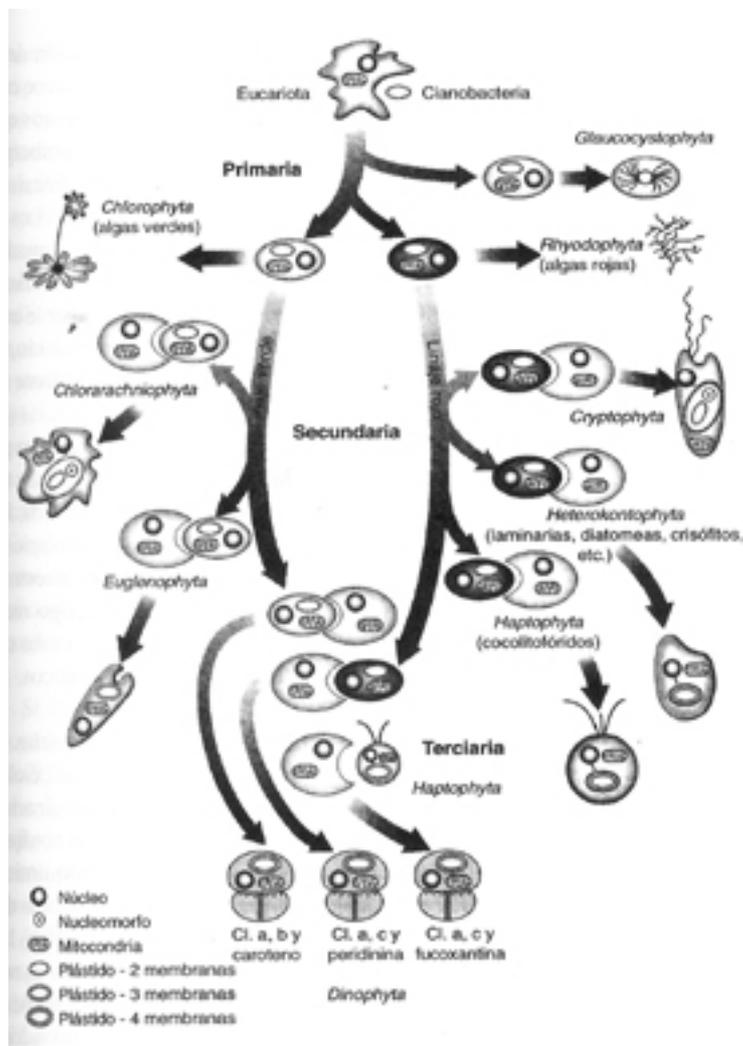


Figura 9.- Resumen de los eventos de endosimbiosis a través de los cuales se extendió la fotosíntesis en eucariotas (Knoll, 2004).

Procariota viable

Aerobio facultativo heterotrofico con organelos endosimbótico (ancestro de mitocondrias y hidrogenosomas) en el citosol. Aparato genético archaebacterial (ribosomas, snoRNAs, tRNA sintetasa, factor de traducción, etc) en el citosol son expresados muchos genes adquiridos de simbiontes, en particular genes eubacteriales para enzimas glicoliticas, fueron cuya transferencia y fijación fue seleccionada, y genes de la síntesis de lípidos eubacteriales fueron transferidos y fijados fortuitamente. La acumulación de lípidos formaron compartimientos formando el sistema endomembranoso (ER, membrana nuclear, vesículas). Invención de novedades tales como los intrones GT-AG, el MCF, importación de proteínas mitocondriales, nuevas vías de señales de traducción, citoesqueleto, endocitosis y eventualmente mitosis, flagelos, etc.



Una procariota viviendo dentro de otra. Fortuita transferencia (duplicados) de genes eubacteriales de simbiontes al cromosoma archaebacterial del organizador, y su expresión por la maquinaria genérica archaebacterial (RNAPolimerasa, factores de transcripción TBP, TFB, TFE) y traducción en ribosoma archaebacterial. Importantes proteínas eubacteriales son expresadas pero solo en el organelo, todavía su maquinaria no es exportada. Los organelos no exportan ATP, debido a la ausencia de la ATP-ADP translocasa. Expresión de genes eubacteriales de transferencia y precursores de la vía glicolítica y producción de ATP en el citosol, reemplazando las vías autotroficas, hasta su desaparición. Adquisición de la variedad de vías bioquímicas para producir ATP encontradas en eucariotas actuales, glicolisis en el citosol y oxidación de piruvato en el citosol, en la mitocondrias o en los hidrogenosomas.



Simbiosis íntima y estable basada en la transferencia de hidrogeno, un principio bien conocido en la fisiología microbiana. Los quimioautótrofos dependientes de hidrogeno son estrictamente dependientes del hidrogeno producido por eubacterias, una dependencia que selecciona la forma celular (sin fagocitosis) lo cual permite al autótrofo (el posterior organizador) unirse fuertemente a su productor de hidrogeno. Por que el autótrofo especializado no importa carbono, la eubacteria sostiene el crecimiento de ambos como un simbiote intracelular solamente si el organizador mantiene un flujo de carbono reducido del ambiente al simbiote. Así, el organizador reinventa el metabolismo de carbohidratos, o expresa genes eubacteriales del metabolismo de carbohidratos, los cuales los simbiotes generalistas poseen en abundancia, si tal transferencia y expresión ocurre, el organizador puede nutrir al simbiote el cual se vuelve un endosimbionte.



Sintrofico anaerobico

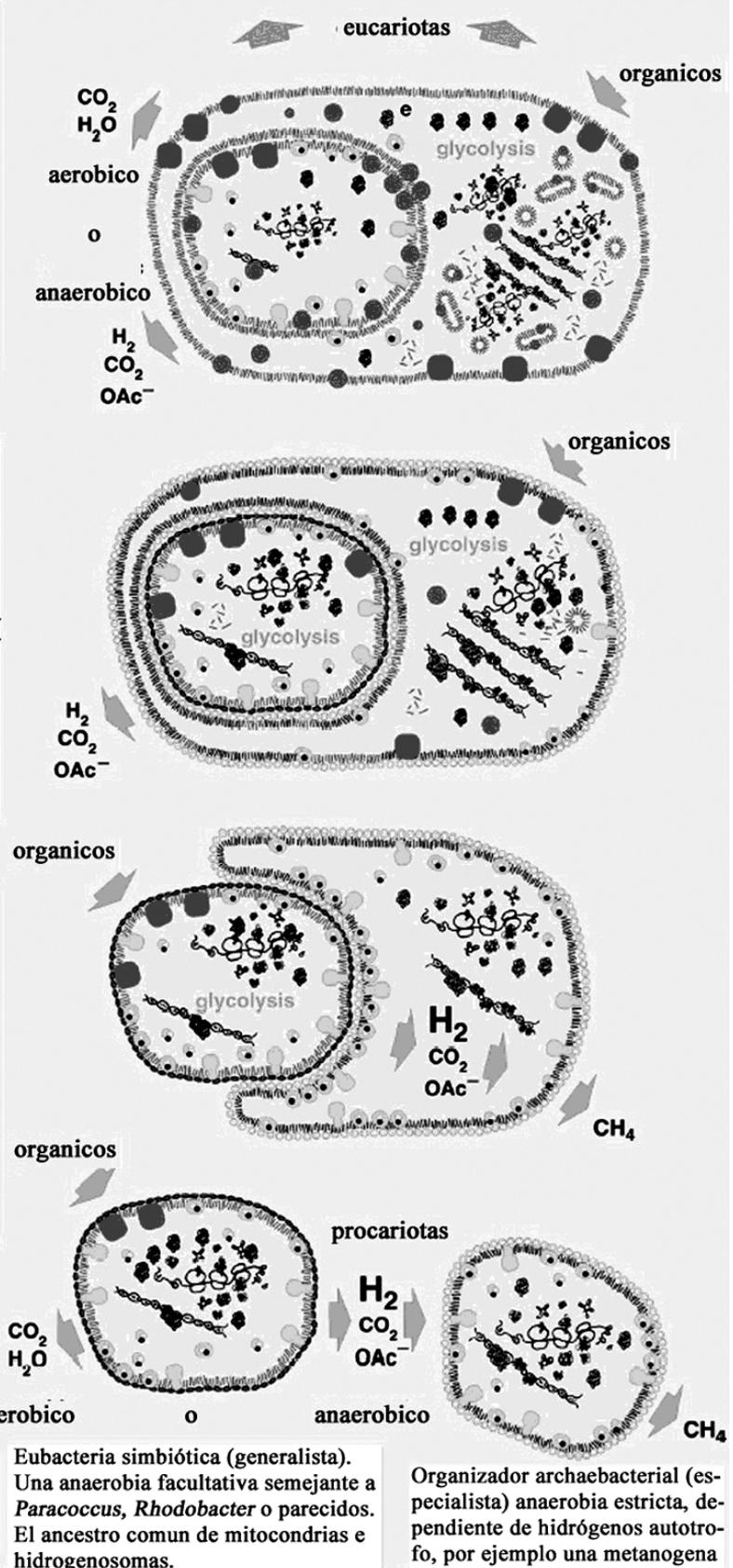


Figura 10.- Teoría del origen de las eucariotas de Martin y Muller 2002.

Por esa razón, en la actualidad se han elaborado modelos que retornan la idea de endosimbiosis pero que plantean un origen quimioautotrofo para la célula huésped.

Tal es el caso del modelo de Martín y Muller (1998) que explica los principales pasos que se supone dieron origen a los primeros eucariotas, entre los que se encuentran (Figura 10);

- Inicia con la simbiosis entre dos procariotas; una eubacteria simbiótica generalista, anaerobia facultativa, semejante a *Paracoccus* o *Rhodobacter*, el ancestro común de mitocondria e hidrogenosomas. Un organizador arqueobacterial (especialista), anaerobia estricta, dependiente de hidrógeno autotrófico, por ejemplo una metanógena.
- Se establece una simbiosis íntima basada en la transferencia de hidrógeno. Los quimioautotrofos son estrictamente dependientes del hidrógeno producido por eubacterias, lo que permite la selección de la forma celular (sin fagocitosis) lo que a su vez permite al autótrofo (el posterior organizador) unirse fuertemente a su productor de hidrógeno, debido a que él no importa carbono, por lo tanto la eubacteria sostiene el crecimiento de ambos como un simbiote intracelular si se mantiene un flujo de carbono reducido del ambiente al simbiote. Así el organizador reinventa el metabolismo de carbohidratos o expresa genes eubacteriales del metabolismo de carbohidratos. Si tal transferencia y expresión ocurre, el organizador puede nutrir al simbiote, el cual se vuelve un endosimbiote.
- Ya como endosimbiosis hay una transferencia de genes eubacteriales de simbioses del cromosoma archebacterial y su posterior expresión por aparato genético (RNA polimerasa, factores de transcripción, TBP, TFB, TFE, ribosomas) de esta última. Se expresan importantes proteínas eubacteriales pero no se exportan. Tampoco se exporta ATP por la ausencia de ATP-ADP translocasa. La expresión de genes eubacteriales de transferencia y precursores de la vía glicolítica y productores de ATP en el citosol reemplazan las vías autotróficas hasta su desaparición. Se adquieren una gran variedad de vías metabólicas para producir ATP muchas de las cuales se encuentran en eucariotas

actuales como la glicólisis y oxidación de piruvato en el citosol, en las mitocondrias o en los hidrogenosomas.

- El último paso de este proceso endosimbiótico se caracteriza por la presencia de un eucariota aerobio facultativo, heterotrófico con organelos endosimbióticos en el citosol (ancestro de mitocondria e hidrogenosomas).

Con un aparato genético archebacterial (ribosomas" snoRNAs, tRNA sintetasa, factor de traducción, etc. En el citosol se expresan muchos genes adquiridos de simbioses, en particular genes eubacteriales para enzimas glicolíticas, cuya transferencia fue seleccionada. Además de genes de la síntesis de lípidos eubacteriales. La acumulación de lípidos formaron compartimentos que dieron lugar a un sistema endomembranoso (RER, membrana nuclear, vesículas), también aparecieron novedades como GTAT, el MCF, la importación de proteínas mitocondriales, nuevas vías de señales de traducción, citoesqueleto, endocitosis y eventualmente flagelos y mitosis. Se tiene ya un eucariota viable. Este modelo nos muestra que los eucariotas son un verdadero bricolage pues poseen un aparato genético arquebacterial; rutas productoras de ATP eubacteriales en las mitocondrias, hidrogenosomas y citosol; las mitocondrias e hidrogenosomas descienden de un ancestro común; que los eucariota amitocondriales como Giardia tuvieron mitocondria en su pasado evolutivo. La adquisición de caracteres eubacteriales y arquebacteriales en eucariotas es producto de la duplicación de genes. Es decir, este modelo nos permite concluir que existen tres vías para la adquisición de caracteres formadores de eucariotas uno el origen archebacterial, otro el eubacterial y el último *de novo* (Martín y Muller, 2002).

Otro elemento interesante entre los modelos actuales del origen de eucariotas es la existencia de un proceso endosimbiótico en dos fases, en la primera los endosimbiontes son procariotas y en la segunda son eucariotas (Martín y Muller, 2002).

K.- Comentarios finales: En la actualidad se realizan investigaciones utilizando los denominados cronómetros moleculares como los siguientes:

- Moléculas de RNAr
- Rubisco
- ATPasa

- Fotosíntesis

Estos marcadores moleculares podrán aclarar algunos aspectos como el de undulipodio en eucariotas.

Otro aspecto que aclarará la manera en que se adquirieron y adquieran algunos caracteres es la transferencia horizontal de genes, la cual es diferente de la duplicación explicada en párrafos anteriores. Este mecanismo es uno de los que en la actualidad se considera que favorece la evolución de especies. Margulis (2001) ha proporcionado una gran cantidad de ejemplos dentro de protistas, entre protistas y procariotas, dentro de procariotas en los que se adquieren nuevas características a partir de la transferencia horizontal de genes, además de originar nuevas especies. Este mecanismo ha sido poco estudiado por otros autores, por lo que ahí existe una veta que puede cambiar nuestra noción de especies y de Especiación en procariotas.

Todo esto contribuye a que se diversifiquen los sistemas vivos en el sentido que lo afirmó Mayr " la mayoría del mundo ancestral evolucionó a partir de la división entre arqueobacterias y eubacterias y el incremento en el grado evolutivo es la diferencia existente entre procariotas y eucariotas.

Lo más interesante de lo descrito hasta aquí, es que los modelos e investigaciones se han hecho en las condiciones actuales, infiriendo una gran cantidad de cosas que pueden hacer pensar en que a estas teorías les falta sustento teórico. Sin embargo, estudios realizados por Knoll (2004) y otros grupos de paleontólogos han encontrado evidencias fósiles de todo lo descrito, contribuyendo con esto a dar solidez de las propuestas actuales. Lo que indica que el futuro de estas líneas de investigación se encuentra en los trabajos inter y transdisciplinarios, cruzando información resultante de campos como la Biología Molecular, Genética, Paleontología, Anatomía Comparada, Geoquímica, entre otras disciplinas.

Los aspectos revisados hasta el momento muestran que respecto al origen de la vida hay que incluir los datos nuevos que nos proporciona la geología, la geoquímica y la biología molecular, pues aunque la teoría de Oparin fue muy valiosa, ya ha sido rebasada, lo que no significa que debe dejar de ser analizada, pero será más provechoso si se hace de manera comparativa, para fomentar en el alumno una actitud de cuestionamiento e indagación permanente.

En relación con la diversidad metabólica esta es evidente en los procariotas, pero no en eucariotas, por lo que la diversidad biológica en este grupo de organismos es debida a otro tipo de mecanismos entre los que se encuentran los aspectos genéticos y de Especiación, pues mientras que en procariotas encontramos más de 150 rutas metabólicas diferentes, en eucariotas no se describen más de 30, las cuales giran alrededor de tres rutas básicas, la glucólisis, la respiración aerobia y la fotosíntesis oxigénica.

Esto permite afirmar que si queremos enseñar la diversidad metabólica desde un punto de vista evolutivo, debemos retomar las diferentes teorías sobre el origen de la vida para tener un panorama completo del fenómeno. Si además pretendemos demostrar que el metabolismo explica la diversidad, debemos aclarar que esto es cierto sólo en procariotas, en eucariotas es más bien una característica que nos uniforma. Estas afirmaciones plantean un problema extra a la enseñanza de estos temas, pues en los programas de bachillerato en general se enseña una biología macroscópica y de eucariotas. Ya que muy pocos profesores tienen un dominio en el ámbito microbiológico, lo que de ninguna manera los exime de su responsabilidad con los alumnos.

De los profesores que sí se interesan en actualizarse y enseñar con el enfoque evolutivo, no encuentran la manera de hacer congruente esta información con la que viene descrita en los libros de texto que se usan como base para el desarrollo de las clases, por lo que los alumnos se van con ideas erróneas e incompletas.

Este hecho nos muestra que los criterios para seleccionar los libros de texto no son académicos sino más bien comerciales.

Existen varias alternativas, elaborar lecturas que acerquen al alumno esta información, plantear que existe más de una teoría y solicitar que investiguen y discutan cuál les parece más apropiada, incorporar la lectura de textos de divulgación en donde se revisen estos puntos, el desarrollo de estrategias que permitan la presentación de diferentes teorías sin violentar el aprendizaje de los alumnos, la invitación de especialistas en el tema para la presentación de conferencias o la visita a los sitios en donde se llevan a cabo estas investigaciones. Lo único que no debe seguir siendo igual, es considerar que existe una sólo una explicación para todos los fenómenos biológicos pues esto

es ir en contra de la naturaleza misma de la ciencia, el cuestionamiento y transformación constante.

5.- MARCO DE REFERENCIA

El Colegio de Bachilleres de Baja California inició una reforma curricular a partir de período 2003-2, para atender a la política de reforma curricular dispuesta por el Gobierno Federal a través de la Dirección General de Bachillerato, con la finalidad de elaborar una currícula acorde con las demandas a la educación media superior de diferentes sectores sociales y además para incorporar orientaciones psicopedagógicas de vanguardia que permitan “ *lograr una educación media superior de buena calidad que forme ciudadanos responsables, solidarios y con los conocimientos idóneos para desempeñarse en el mundo laboral o en el contexto de la educación superior*” (COBACH,2003).

El bachillerato coordinado por la Dirección General de Bachillerato, se ubica en la opción propedéutica y comprende 3 ejes fundamentales:

- El *área formativa*, en la que se pretende proporcionar al alumno una formación integral, con los aspectos principales de la cultura de nuestro tiempo: conocimientos científicos, técnicos y humanísticos que le permitan comprender los cambios sociales y enfrentar los problemas de su entorno para lograr un desarrollo armónico en lo individual y lo social.
- El *área propedéutica*, la cual prepara al estudiante para estudios superiores en un área específica de su interés vocacional.
- El *área de preparación para el trabajo*, esta ofrece una formación que le permite al alumno incorporarse al área laboral.

La estructura curricular diseñada a partir del Programa Nacional de Educación 2001-2006 e incorporada a Colegio de Bachilleres de Baja California en 2003-2 considera estas tres áreas de formación bajo la denominación de *Componentes Formativos*, entre los que se encuentra el *Componente de Formación Básica, Formación Propedéutica y Formación para el Trabajo*.

El Componente de Formación Básica, está constituido por 31 asignaturas ubicadas entre el primero y el sexto semestre, con una carga total de 118 horas y 236 créditos (COBACH, 2003), y tiene el objetivo de proporcionar una formación general en los contenidos mínimos esenciales para todo bachiller a nivel nacional, tanto a nivel conceptual como de habilidades y actitudes, que les permitan participar activamente en la vida social, cultural y laboral de su

entorno, dotando a los educandos de la cultura universal básica, que les permitan incorporar a su estructura cognitiva los elementos básicos de la ciencia, las humanidades y la técnica que les ayuden a encontrar explicaciones racionales de los fenómenos naturales y sociales.(COBACH,2003).

Las asignaturas de este tronco común se agrupan en las áreas de: Lenguaje y Comunicación, Histórico- Social, Matemáticas y Ciencias Naturales.

En el área de las Ciencias Naturales se ubican las asignaturas de Química I y II, Física I y II, Biología I y II, Ecología y Medio Ambiente y Geografía, los contenidos de aprendizaje de estas ciencias deben permitir en los estudiantes la adquisición de conocimientos declarativos y procedimentales, así como las habilidades académicas básicas, actitudes y valores concomitantes con el desarrollo de la ciencia y la tecnología en armonía con la naturaleza, con la finalidad de fomentar en ellos el interés por la ciencia y la investigación, estimulando el trabajo en equipo y la creatividad individual.

La materia de Biología está integrada en dos asignaturas: Biología I, impartida en cuarto semestre y Biología II en quinto semestre. Es en los contenidos programáticos del programa analítico de Biología I en donde se encuentra insertado el tema del Origen de la Vida.

La unidad I, "Origen y Características de los seres vivos", comprende los temas de Introducción a la Biología, Niveles de Organización, Características de los seres vivos y Teorías sobre el origen de la vida. En este último tema se revisan las teorías de la Generación espontánea, Biogénesis, Panspermia y Teoría Quimiosintética, sin considerar las concepciones actuales sobre el tema, aspecto que se contrapone con lo postulado en la reforma curricular en donde se plantea como uno de los propósitos el conocimiento de la cultura actual, es decir con la información más actualizada sobre los diferentes temas.

6.- MÉTODO

El método utilizado en el presente trabajo constó de los siguientes pasos:

- a) Revisión documental de artículos sobre el origen de la vida, así como de libros de texto de Biología recomendados como bibliografía básica en el programa de Biología I.
- b) Revisión de los documentos que sustentan la reforma curricular 2003, para el CBBC.
- c) Realización de una encuesta con maestros y alumnos del Plantel Miguel Hidalgo y Costilla de CBBC, para identificar la problemática del conocimiento sobre el origen de la vida.
- d) Elaboración de una propuesta de modificación al programa de Biología I en la Unidad I, donde se encuentra ubicado el tema objeto de estudio.
- e) Se diseño y redacto la monografía, la cual se presento a alumnos de cuarto semestre del plantel, para confirmar que el texto sea comprendido.
- f) Redacción del documento final.

6.1.- Diseño del cuestionario de opinión: Para explorar el estado del conocimiento acerca del origen de la vida en el Colegio de Bachilleres de Baja California, se diseñó en siguiente cuestionario con preguntas cerradas donde se dió la instrucción de marcar la respuesta correcta:

1.- ¿Tiene sentido para ti el estudio del Origen de la vida?

Si
No

2.- ¿Quiénes están relacionados con el estudio del origen de la vida?

Oparin-Haldane
Darwin
Alfonso Herrera
Martin
Biblia
Crick
Russell Hall
Ninguna de las anteriores

3.- ¿Donde consideras que se originó la vida?

Tierra
Agua
Atmósfera
Interfase tierra-agua
Cometas
Espacio exterior

4.- ¿Cual sería la condición adecuada para la síntesis abiótica que permitió el origen de la vida?

Atmósfera reductora
Atmósfera oxidante
Atmósfera neutra
Sin atmósfera
Ninguna de las anteriores

5.- De las siguientes formas de energía, indica las que pudieron intervenir en el origen de la vida:

Radiación ultravioleta
Luz solar
Descargas eléctricas
Reacciones fotoquímicas
Rayos infrarrojos
Reacciones redox
Calor
Gradiente de pH
Ninguna de las anteriores

6.- De acuerdo a la información que tienes sobre este tema, cual de los siguientes escenarios es más compatible con el origen de la vida:

La vida surgió en los mares, estanques y chimeneas hidrotérmicas de la Tierra primitiva después de un largo proceso de evolución química.
La vida surgió en la interfase de un ambiente acuoso e hidrofóbico en el caluroso subsuelo de la Tierra primitiva.
La vida surgió en los mares de la Tierra primitiva, a partir de la síntesis abiótica que ocurrió en el caldo primigenio y después de un largo proceso de evolución química.

7.- Las teorías actuales plantean la formación de las primeras membranas celulares o compartimentos a partir de:

Precipitados de FeS
Proteínas
Aminas
Fosfolípidos
Hierro y Zinc
Metano y Amoniaco
Hidrocarburos
Ninguna de las anteriores
No contesto

8.- Marca las sustancias que consideres intervinieron en el origen de la vida:

CO
N ₂
CH ₄
H ₂
NH ₃
HS

9.- Las primeras células que aparecieron, debieron ser:

Procariontas y heterótrofas
Procariontas y Quimioautotróficas
Eucariotas y quimioautotróficas
Eucariotas y heterótrofas
Ninguna de las anteriores

10.- El proceso de formación de membranas celulares requirió forzosamente una fuente de energía, cual de las siguientes opciones consideras la más probable:

Hidrógeno
Nitrógeno
Reacciones Redox
Luz solar
Carbono
Gradiente pH
Temperatura

Este cuestionario se aplico a todos los maestros y alumnos del Plantel Miguel Hidalgo, Colegio de Bachilleres de Baja California.

7.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1.- Aplicación del cuestionario y sus resultados: El cuestionario de opinión arrojó los siguientes resultados por pregunta, tanto para alumnos como para maestros:

Pregunta 1.- ¿Tiene sentido para ti el estudio del Origen de la vida?

Respuesta	Alumnos	Maestros
Si	93.75%	100%
No	6.25%	0%

Pregunta 2.- ¿Quiénes están relacionados con el estudio del origen de la vida?

Respuesta	Alumnos	Maestros
Oparin-Haldane	42.86%	100%
Darwin	30.36%	0%
Alfonso Herrera	1.79%	0%
Martin	0%	0%
Biblia	17.87%	0%
Crick	1.79%	0%
Russell Hall	1.79%	0%
Ninguna de las anteriores	5.36%	0%

Pregunta 3.- ¿Donde consideras que se originó la vida?

Respuesta	Alumnos	Maestros
Tierra	21.88%	0%
Agua	34.38%	100%
Atmósfera	3.13%	0%
Interfase tierra-agua	18.75%	0%
Cometas	3.13%	0%
Espacio exterior	18.75%	0%

Pregunta 4.- ¿Cuál sería la condición adecuada para la síntesis abiótica que permitió el origen de la vida?

Respuesta	Alumnos	Maestros
Atmósfera reductora	30.30%	100%
Atmósfera oxidante	15.15%	0%
Atmósfera neutra	36.36%	0%
Sin atmósfera	3.03%	0%
Ninguna de las anteriores	15.15%	0%

Pregunta 5.- De las siguientes formas de energía, indica las que pudieron intervenir en el origen de la vida:

Respuesta	Alumnos	Maestros
Radiación ultravioleta	11.29%	25%
Luz solar	25.81%	25%
Descargas eléctricas	8.06%	50%
Reacciones fotoquímicas	17.74%	0%
Rayos infrarrojos	3.23%	0%
Reacciones redox	0%	0%
Calor	30.65%	0%
Gradiente de pH	1.61%	0%
Ninguna de las anteriores	1.61%	0%

Pregunta 6.- De acuerdo a la información que tienes sobre este tema, cual de los siguientes escenarios es más compatible con el origen de la vida:

Respuesta	Alumnos	Maestros
La vida surgió en los mares, estanques y chimeneas hidrotérmicas de la Tierra primitiva después de un largo proceso de evolución química.	16.67%	0%
La vida surgió en la interfase de un ambiente acuoso e hidrofóbico en el caluroso subsuelo de la Tierra primitiva.	26.67%	0%
La vida surgió en los mares de la Tierra primitiva, a partir de la síntesis abiótica que ocurrió en el caldo primigenio y después de un largo proceso de evolución química.	56.67%	100%

Pregunta 7.- Las teorías actuales plantean la formación de las primeras membranas celulares o compartimentos a partir de:

Respuesta	Alumnos	Maestros
Precipitados de FeS	3.45%	0%
Proteínas	25.86%	0%
Aminas	18.97%	0%
Fosfolípidos	6.90%	25%
Hierro y Zinc	18.97%	0%
Metano y Amoniacó	3.45%	50%
Hidrocarburos	13.79%	25%
Ninguna de las anteriores	6.90%	0%
No contesto	1.72%	0%

Pregunta 8.- Marca las sustancias que consideres intervinieron en el origen de la vida:

Respuesta	Alumnos	Maestros
CO	36%	16.67%
N ₂	20%	0%
CH ₄	2%	16.67%
H ₂	32%	33.33%
NH ₃	8%	33.33%
HS	2%	0%

Pregunta 9.- Las primeras células que aparecieron, debieron ser:

Respuesta	Alumnos	Maestros
Procariotas y heterótrofas	56.25%	66.67%
Procariotas y Quimioautotróficas	0%	33.33%
Eucariotas y quimioautotróficas	3.13%	0%
Eucariotas y heterótrofas	40.63%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Pregunta 10.- El proceso de formación de membranas celulares requirió forzosamente una fuente de energía, cual de las siguientes opciones consideras la más probable:

Respuesta	Alumnos	Maestros
Hidrógeno	18.92%	0%
Nitrógeno	2.70%	0%
Reacciones Redox	2.70%	0%
Luz solar	40.54%	75%
Carbono	5.41%	0%
Gradiente pH	0%	0%
Temperatura	29.73%	25%

7.2.- Análisis de los resultados de la encuesta: En el análisis de la encuesta se realizara la comparación de las respuestas proporcionadas por los encuestados, tanto la de los alumnos como la de los profesores, contra la respuesta esperada en base a los nuevos hechos:

Pregunta 1.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada
Si	93.75%	100%
No	6.25%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0.3906$ con $p > 0.05$,

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada
Si	100%	100%
No	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0$ con $p > 0.05$, lo que nos indica, para que tanto para los alumnos como para los maestros es valida la posición en donde se considera que el origen de la vida es un problema válido para la ciencia.

Pregunta 2.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
Oparin-Haldane	42.86%	100%
Darwin	30.36%	0%
Alfonso Herrera	1.79%	0%
Martin	0%	0%
Biblia	17.87%	0%
Crick	1.79%	0%
Russell Hall	1.79%	0%
Ninguna de las anteriores	5.36%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 32.6612$ con $p < 0.01$,

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
Oparin-Haldane	42.86%	50%
Darwin	30.36%	0%
Alfonso Herrera	1.79%	0%
Martin	0%	50%
Biblia	17.87%	0%
Crick	1.79%	0%
Russell Hall	1.79%	0%
Ninguna de las anteriores	5.36%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 51.0196$ con $p < 0.01$,

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen cuales personajes están involucrados con el estudio del origen de la vida, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno,

Para los maestros:

Respuesta	maestros	Esperada posición tradicional
Oparin-Haldane	100%	100%
Darwin	0%	0%
Alfonso Herrera	0%	0%
Martin	0%	0%
Biblia	0%	0%
Crick	0%	0%
Russell Hall	0%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0.0$ con $p > 0.05$,

Respuesta	maestros	Esperada posición emergente
Oparin-Haldane	100%	50%
Darwin	0%	0%
Alfonso Herrera	0%	0%
Martin	0%	50%
Biblia	0%	0%
Crick	0%	0%
Russell Hall	0%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 100$ con $p < 0.01$,

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen solamente a los personajes que están involucrados con el estudio del origen de la vida desde un punto de vista tradicional, pero desconocen a los personajes que están involucrados con el estudio del origen de la vida desde un punto de vista más moderno.

Pregunta 3.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
Tierra	21.88%	0%
Agua	34.38%	100%
Atmósfera	3.13%	0%
Interfase tierra-agua	18.75%	0%
Cometas	3.13%	0%
Espacio exterior	18.75%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 43.0598$ con $p < 0.01$,

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
Tierra	21.88%	0%
Agua	34.38%	50%
Atmósfera	3.13%	0%
Interfase tierra-agua	18.75%	50%
Cometas	3.13%	0%
Espacio exterior	18.75%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 24.2868$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen cual es el medio en donde se considera que se origino la vida, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno,

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
Tierra	0%	0%
Agua	100%	100%
Atmósfera	0%	0%
Interfase tierra-agua	0%	0%
Cometas	0%	0%
Espacio exterior	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0.0$ con $p > 0.05$,

Respuesta	Maestros	Esperada posición emergente
Tierra	0%	0%
Agua	100%	50%
Atmósfera	0%	0%
Interfase tierra-agua	0%	50%
Cometas	0%	0%
Espacio exterior	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 100$ con $p < 0.01$,

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen cual es el medio en donde se considera que se origino la vida desde un punto de vista tradicional, pero desconocen cual es el medio en donde se considera que se origino la vida desde un punto de vista más moderno.

Pregunta 4.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
Atmósfera reductora	30.30%	100%
Atmósfera oxidante	15.15%	0%
Atmósfera neutra	36.36%	0%
Sin atmósfera	3.03%	0%
Ninguna de las anteriores	15.15%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 48.5809$ con $p < 0.01$,

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
Atmósfera reductora	30.30%	50%
Atmósfera oxidante	15.15%	0%
Atmósfera neutra	36.36%	50%
Sin atmósfera	3.03%	0%
Ninguna de las anteriores	15.15%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 11.4828$ con $p < 0.05$,

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen cual fue la atmósfera en donde se considera que se origino la vida, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno,

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
Atmósfera reductora	100%	100%
Atmósfera oxidante	0%	0%
Atmósfera neutra	0%	0%
Sin atmósfera	0%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0.0$ con $p > 0.05$.

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
Atmósfera reductora	100%	50%
Atmósfera oxidante	0%	0%
Atmósfera neutra	0%	50%
Sin atmósfera	0%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 100$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen cual es la atmósfera en donde se considera que se origino la vida desde un punto de vista tradicional, pero desconocen cual es la atmósfera en donde se considera que se origino la vida desde un punto de vista más moderno.

Pregunta 5.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
Radiación ultravioleta	11.29%	25%
Luz solar	25.81%	25%
Descargas eléctricas	8.06%	50%
Reacciones fotoquímicas	17.74%	0%
Rayos infrarrojos	3.23%	0%
Reacciones redox	0%	0%
Calor	30.65%	0%
Gradiente de pH	1.61%	0%
Ninguna de las anteriores	1.61%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 42.7241$ con $p < 0.01$.

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
Radiación ultravioleta	11.29%	0%
Luz solar	25.81%	0%
Descargas eléctricas	8.06%	0%
Reacciones fotoquímicas	17.74%	0%
Rayos infrarrojos	3.23%	0%
Reacciones redox	0%	33.3%
Calor	30.65%	33.3%
Gradiente de pH	1.61%	33.3%
Ninguna de las anteriores	1.61%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 92.6827$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen cuales fueron las formas de energía utilizadas en el origen de la vida, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno.

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
Radiación ultravioleta	25%	25%
Luz solar	25%	25%
Descargas eléctricas	50%	50%
Reacciones fotoquímicas	0%	0%
Rayos infrarrojos	0%	0%
Reacciones redox	0%	0%
Calor	0%	0%
Gradiente de pH	0%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0.0$ con $p > 0.05$.

Respuesta	Maestros	Esperada posición emergente
Radiación ultravioleta	25%	0%
Luz solar	25%	0%
Descargas eléctricas	50%	0%
Reacciones fotoquímicas	0%	0%
Rayos infrarrojos	0%	0%
Reacciones redox	0%	33.3%
Calor	0%	33.3%
Gradiente de pH	0%	33.3%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 100$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen cuales fueron las formas de energía utilizadas en el origen de la vida desde un punto de vista tradicional, pero desconocen cuales fueron las formas de energía utilizadas en el origen de la vida desde un punto de vista más moderno.

Pregunta 6.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
La vida surgió en los mares, estanques y chimeneas hidrotérmicas de la Tierra primitiva después de un largo proceso de evolución química.	16.67%	0%
La vida surgió en la interfase de un ambiente acuoso e hidrofóbico en el caluroso subsuelo de la Tierra primitiva.	26.67%	0%
La vida surgió en los mares de la Tierra primitiva, a partir de la síntesis abiótica que ocurrió en el caldo primigenio y después de un largo proceso de evolución química.	56.67%	100%

Obteniendo un valor de $X^2 = 18.7749$ con $p < 0.01$.

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
La vida surgió en los mares, estanques y chimeneas hidrotérmicas de la Tierra primitiva después de un largo proceso de evolución química.	16.67%	50%
La vida surgió en la interfase de un ambiente acuoso e hidrofóbico en el caluroso subsuelo de la Tierra primitiva.	26.67%	50%
La vida surgió en los mares de la Tierra primitiva, a partir de la síntesis abiótica que ocurrió en el caldo primigenio y después de un largo proceso de evolución química.	56.67%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 33.1035$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen cuales son los escenarios mas adecuados para el origen de la vida, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno.

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
La vida surgió en los mares, estanques y chimeneas hidrotérmicas de la Tierra primitiva después de un largo proceso de evolución química.	0%	0%
La vida surgió en la interfase de un ambiente acuoso e hidrofóbico en el caluroso subsuelo de la Tierra primitiva.	0%	0%
La vida surgió en los mares de la Tierra primitiva, a partir de la síntesis abiótica que ocurrió en el caldo primigenio y después de un largo proceso de evolución química.	100%	100%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0.0$ con $p > 0.05$.

Respuesta	Maestros	Esperada posición emergente
La vida surgió en los mares, estanques y chimeneas hidrotérmicas de la Tierra primitiva después de un largo proceso de evolución química.	0%	50%
La vida surgió en la interfase de un ambiente acuoso e hidrofóbico en el caluroso subsuelo de la Tierra primitiva.	0%	50%
La vida surgió en los mares de la Tierra primitiva, a partir de la síntesis abiótica que ocurrió en el caldo primigenio y después de un largo proceso de evolución química.	100%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 100$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen cuales son los escenarios mas adecuados para el origen de la vida desde un punto de vista tradicional, pero desconocen cuales son los escenarios mas adecuados para el origen de la vida desde un punto de vista más moderno.

Pregunta 7.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
Precipitados de FeS	3.45%	0%
Proteínas	25.86%	0%
Aminas	18.97%	0%
Fosfolípidos	6.90%	25%
Hierro y Zinc	18.97%	0%
Metano y Amoniaco	3.45%	50%
Hidrocarburos	13.79%	25%
Ninguna de las anteriores	6.90%	0%
No contesto	1.72%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 61.4690$ con $p < 0.01$.

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
Precipitados de FeS	3.45%	50%
Proteínas	25.86%	0%
Aminas	18.97%	0%
Fosfolípidos	6.90%	0%
Hierro y Zinc	18.97%	0%
Metano y Amoniaco	3.45%	0%
Hidrocarburos	13.79%	50%
Ninguna de las anteriores	6.90%	0%
No contesto	1.72%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 69.5613$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen los compuestos que intervienen en la formación de las primeras membranas celulares o compartimentos en el origen de la vida, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno.

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
Precipitados de FeS	0%	0%
Proteínas	0%	0%
Aminas	0%	0%
Fosfolípidos	25%	25%
Hierro y Zinc	0%	0%
Metano y Amoniaco	50%	50%
Hidrocarburos	25%	25%
Ninguna de las anteriores	0%	0%
No contesto	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0.0$ con $p > 0.05$.

Respuesta	Maestros	Esperada posición emergente
Precipitados de FeS	0%	50%
Proteínas	0%	0%
Aminas	0%	0%
Fosfolípidos	25%	0%
Hierro y Zinc	0%	0%
Metano y Amoniaco	50%	0%
Hidrocarburos	25%	50%
Ninguna de las anteriores	0%	0%
No contesto	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 62.5$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen los compuestos que intervienen en la formación de las primeras membranas celulares o compartimentos en el origen de la vida, desde un punto de vista tradicional, pero desconocen los compuestos que intervienen en la formación de las primeras membranas celulares o compartimentos en el origen de la vida desde un punto de vista más moderno.

Pregunta 8.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
CO	36%	25%
N ₂	20%	0%
CH ₄	2%	25%
H ₂	32%	25%
NH ₃	8%	25%
HS	2%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 39.52$ con $p < 0.01$.

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
CO	36%	20%
N ₂	20%	0%
CH ₄	2%	20%
H ₂	32%	20%
NH ₃	8%	20%
HS	2%	20%

Obteniendo un valor de $X^2 = 45.72$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen las sustancias que se considera que intervinieron en el origen de la vida, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno.

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
CO	16.67%	25%
N ₂	0%	0%
CH ₄	16.67%	25%
H ₂	33.33%	25%
NH ₃	33.33%	25%
HS	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 11.1022$ con $p < 0.05$.

Respuesta	Maestros	Esperada posición emergente
CO	16.67%	20%
N ₂	0%	0%
CH ₄	16.67%	20%
H ₂	33.33%	20%
NH ₃	33.33%	20%
HS	0%	20%

Obteniendo un valor de $X^2 = 38.8778$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen los compuestos que intervienen en la formación de las primeras membranas celulares o compartimentos en el origen de la vida, desde un punto de vista tradicional, pero desconocen los compuestos que intervienen en la formación de las primeras membranas celulares o compartimentos en el origen de la vida desde un punto de vista más moderno.

Pregunta 9.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
Procariotas y heterótrofas	56.25%	70%
Procariotas y Quimioautotróficas	0%	30%
Eucariotas y quimioautotróficas	3.13%	0%
Eucariotas y heterótrofas	40.63%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 32.7009$ con $p < 0.01$.

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
Procariotas y heterótrofas	56.25%	0%
Procariotas y Quimioautotróficas	0%	100%
Eucariotas y quimioautotróficas	3.13%	0%
Eucariotas y heterótrofas	40.63%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 100$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen las características de las primeras células, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno.

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
Procariotas y heterótrofas	66.67%	70%
Procariotas y Quimioautotróficas	33.33%	30%
Eucariotas y quimioautotróficas	0%	0%
Eucariotas y heterótrofas	0%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 0.5280$ con $p > 0.05$.

Respuesta	Maestros	Esperada posición emergente
Procariotas y heterótrofas	66.67%	0%
Procariotas y Quimioautotróficas	33.33%	100%
Eucariotas y quimioautotróficas	0%	0%
Eucariotas y heterótrofas	0%	0%
Ninguna de las anteriores	0%	0%

Obteniendo un valor de $X^2 = 44.4489$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen las características de las primeras células desde un punto de vista tradicional, pero desconocen las características de las primeras células desde un punto de vista más moderno.

Pregunta 10.- Al realizar la prueba de X^2 de bondad de ajuste obtenemos:

Para los alumnos:

Respuesta	Alumnos	Esperada posición tradicional
Hidrógeno	18.92%	0%
Nitrógeno	2.70%	0%
Reacciones Redox	2.70%	0%
Luz solar	40.54%	70%
Carbono	5.41%	0%
Gradiente pH	0%	0%
Temperatura	29.73%	20%

Obteniendo un valor de $X^2 = 17.1321$ con $p < 0.01$.

Respuesta	Alumnos	Esperada posición emergente
Hidrógeno	18.92%	0%
Nitrógeno	2.70%	0%
Reacciones Redox	2.70%	33.33%
Luz solar	40.54%	0%
Carbono	5.41%	0%
Gradiente pH	0%	33.33%
Temperatura	29.73%	33.33%

Obteniendo un valor de $X^2 = 61.8676$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los alumnos en general no reconocen las fuentes de energía necesarias para el origen de la membrana celular, tanto desde un punto de vista tradicionalista como uno más moderno.

Para los maestros:

Respuesta	Maestros	Esperada posición tradicional
Hidrógeno	0%	0%
Nitrógeno	0%	0%
Reacciones Redox	0%	0%
Luz solar	75%	70%
Carbono	0%	0%
Gradiente pH	0%	0%
Temperatura	25%	20%

Obteniendo un valor de $X^2 = 1.6071$ con $p < 0.01$.

Respuesta	Maestros	Esperada posición emergente
Hidrógeno	0%	0%
Nitrógeno	0%	0%
Reacciones Redox	0%	33.33%
Luz solar	75%	0%
Carbono	0%	0%
Gradiente pH	0%	33.33%
Temperatura	25%	33.33%

Obteniendo un valor de $X^2 = 68.7419$ con $p < 0.01$.

Los valores de X^2 muestran que los maestros en general reconocen las fuentes de energía necesarias para el origen de la membrana celular desde un punto

de vista tradicional, pero desconocen las fuentes de energía necesarias para el origen de la membrana celular desde un punto de vista más moderno.

7.3.- Modificación del Plan de Estudios de Biología I y elaboración de texto y cuaderno de ejercicios .

Dentro del marco de la Reforma Curricular 2003 para Colegio de Bachilleres de Baja California (C.B.B.C.), la Dirección de Planeación Académica convocó a reuniones de diseño de programa para cada una de las asignaturas del mapa curricular.

La reunión de la mesa técnica de Biología I fue llevada a cabo en la ciudad de Mexicali, Baja California, los días 3,9 y 10 de diciembre de 2004; la selección de los maestros integrantes de esta mesa técnica estuvo a cargo de la Dirección de Planeación Académica de acuerdo a la trayectoria de los docentes que integran la Academia Estatal de Biología, quedando integrada por 5 maestros, Bióloga Martha Elvia Romo López, del Plantel Mexicali; Ing. Agrónomo Diego Fernando Pérez Garibay del Plantel Baja California; Dr. Gabriel Corral Herrera del Plantel Nuevo León; Bióloga Georgina Guadalupe Muñoz García del Plantel Ensenada y la pasante de Biología Martha Leticia Beltrán López del Plantel Miguel Hidalgo para participar en el diseño del Programa Oficial de Estudios de Biología I.

El Programa Analítico resultado de esta reunión de diseño, fué implementado en el ciclo escolar 2005-1 e incluía en la Unidad 1, "Origen y características de los seres vivos" el tema C.1.5 "Origen de la vida" y el subtema C.1.5.5 "Concepciones actuales sobre el origen de la vida", como contenidos conceptuales, sin embargo, no se especificaron nombres de teorías con el objeto de que quedara abierta la posibilidad de actualizaciones futuras, en un tema abierto al estudio como es el origen de la vida, por este motivo, el contenido del subtema C.1.5.5 no quedó incluido en la tabla de especificaciones para la elaboración del examen sumario, que se aplica al final del semestre.

Posteriormente fui invitada a coordinar los cursos- taller para maestros, que para la instrumentación del programa, fueron realizados en las ciudades de Mexicali y Tijuana, B.C., en Febrero del 2005. Cabe mencionar, que en estos

cursos, participan los maestros de los 19 planteles oficiales, así como de los planteles incorporados al C.B.B.C. en el estado.

En las sesiones de trabajo para la instrumentación del programa, se proporcionaron textos de apoyo para prácticas de laboratorio y sobre el tema "Concepciones actuales sobre el origen de la vida", sin embargo, los textos sobre el Origen de la vida, les parecieron complejos y manifestaron una mayor aceptación sobre la teoría Quimiosintética argumentando que las nuevas teorías no aportaban pruebas que refutaran de manera contundente, la teoría de Oparin.

Con el objeto de mejorar los programas en cuanto a su diseño y manejo, la Dirección de Planeación Académica realizó reuniones de seguimiento del programa analítico, las cuales se llevaron a cabo del 26 de Abril al 6 de Mayo de 2005.

El seguimiento fue coordinado por personal de la Dirección de Planeación Académica y realizado por la responsable del diseño del programa, Biol. Martha Elvia Romo López consistió en una entrevista guiada con los Jefes de Materia de la Asignatura de Biología I de los 19 planteles oficiales, quienes previamente habían realizado una reunión de academia por plantel, para establecer un acuerdo común en relación a las observaciones que harían al programa una vez instrumentado frente a grupo, las cuales servirían para posibles reestructuraciones del programa de estudio.

Entre los comentarios que se repitieron con mayor frecuencia fueron que el programa si bien estaba mejor estructurado en cuanto al contenido temático, el tiempo asignado para el desarrollo de las unidades era insuficiente, motivo por el cual en la reestructuración del programa, algunos contenidos conceptuales se modificaron a contenidos actitudinales, como fué el caso del subtema C1.5.5 "Concepciones actuales sobre el origen de la vida", esta decisión fue tomada únicamente por personal encargado de diseño de programas de la Dirección de Planeación Académica .

Con esta modificación el tema de las teorías actuales sobre el origen de la vida quedó de nuevo eliminado en lo conceptual y solamente se propone como un contenido actitudinal, es decir, promover una actitud de búsqueda de información reciente sobre el tema, sin embargo, no se solicita ninguna

evidencia sobre esta revisión, en ninguno de los trabajos solicitados para la evaluación del examen parcial correspondiente.

Otro comentario recurrente fue la necesidad de adecuar el texto de apoyo a la asignatura, que proporciona Colegio de Bachilleres de Baja California, comisionándome para la elaboración del texto y cuaderno de ejercicios de Biología I que se utiliza en los 19 planteles oficiales del estado a partir del ciclo escolar 2006-2.

8.- CONCLUSIONES

8.1.- Significado de los resultados de la encuesta: La encuesta nos muestra tres resultados importantes:

- Tanto los maestros como los alumnos reconocen la importancia del estudio científico del origen de la vida.
- Los alumnos no poseen los conocimientos adecuados acerca del origen de la vida, tanto de las posiciones tradicionales como de las emergentes.
- Los maestros poseen los conocimientos adecuados acerca del origen de la vida, pero solo desde una posición tradicional, mientras se encuentra un desconocimiento total de las posiciones emergentes acerca del origen de la vida.

8.2.- Consideraciones finales.

- El tema del origen de la vida es de gran interés para los estudiantes de bachillerato y genera gran controversia, de hecho, cuestionan y participan con entusiasmo en las discusiones sobre el tema, sin embargo no indagan nueva información por iniciativa propia.
- Las ideas religiosas son una barrera importante para incorporar de manera consistente a su bagaje cognitivo la idea sobre el origen químico de la vida, la resistencia cultural y religiosa es muy fuerte.

Estos aspectos aunque no fueron evaluados en la encuesta realizada, lo he podido observar durante el desarrollo del hecho educativo a lo largo de 19 años de actividad docente.

- Con respecto los resultados del estudio de opinión podemos concluir que los alumnos desconocen a los personajes involucrados con el estudio del origen de la vida, tanto desde la postura tradicional como de los investigadores actuales; mientras que los maestros solo reconocen a los personajes relacionados con las teorías tradicionales.
- En relación con las condiciones ambientales relacionadas con el origen de la vida (medio, tipo de atmósfera y fuentes energéticas), los alumnos desconocen tanto las condiciones propuestas en las teorías

tradicionales como las planteadas en los enfoques actuales; los maestros identifican las relacionadas con la Teoría Quimiosintética.

- Los alumnos no reconocen los escenarios para el origen de la vida compatibles con la Teoría Quimiosintética ni con las teorías actuales, al respecto, los maestros señalan el escenario posible de acuerdo a las posiciones tradicionales.
- En relación a los compuestos químicos que intervinieron en la formación de los primeros sistemas celulares, los alumnos desconocen los compuestos señalados en las teorías tradicionales así como en los enfoques actuales. Los maestros en general, reconocen los compuestos que intervinieron en el origen de la vida de acuerdo a la postura tradicional pero desconocen los compuestos señalados en los enfoques más modernos.
- Las características de las primeras células de acuerdo a las teorías tradicionales no fueron reconocidas por los alumnos y tampoco identificaron las propuestas por las teorías actuales. Los maestros reconocen las características propuestas por Oparin.

El estudio de opinión mostró que los alumnos desconocen tanto los planteamientos de la Teoría Quimiosintética, como los propuestos en enfoques más modernos. Cabe aclarar, que los estudiantes encuestados habían cursado la asignatura de Biología I el semestre previo a la aplicación de la encuesta, por lo que se esperaba una mayor identificación de los planteamientos tradicionales, sin embargo las técnicas de estudio que utilizan, no mantienen el conocimiento a largo plazo.

Con respecto a los maestros es evidente su apego por la postura tradicional acerca del origen de la vida y contestaron de acuerdo a la información que han conocido a través de su propia formación académica y de la preparación de los contenidos educativos señalados en los programas de estudio utilizados hasta ese momento en la institución.

Sin embargo es evidente la falta de actualización en ambos casos, los alumnos a pesar del acceso a información actualizada a través de la red de Internet, no desarrollan una actitud de búsqueda para aclarar la serie de cuestiones que se plantean durante el desarrollo de la clase.

Por otro lado, los maestros tampoco tenemos una actitud de búsqueda y actualización de los adelantos en éste y en los demás temas incluidos en los programas de estudio y por lo mismo, tampoco motivamos a los estudiantes para desarrollar esa actitud necesaria para mantener el conocimiento actualizado y para desarrollar nuevos planteamientos en los diferentes ámbitos del quehacer científico. Esta actitud quedó manifiesta en los cursos de Instrumentación Didáctica para el Programa de Biología I, que se realizaron en Febrero de 2005 en el estado, ya que a pesar de proporcionar textos con los nuevos enfoques sobre el origen de la vida, fueron reacios a considerar estos nuevos planteamientos, inclusive, no se consideraron para la elaboración del examen sumario, que se aplica al finalizar el semestre, permaneciendo en una postura tradicional (y por lo tanto más cómoda), ya que no implica el esfuerzo de analizar, comprender y presentar a sus alumnos, nuevos enfoques y teorías.

9.- BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Bada, J. L. & Lazcano, A. 2002, Some like it hot, but not the first biomolecules. *Science* 296, 1982-1983.
- 2.- Banks, D. 1985. A fossil hydrothermal worm assemblage from the Tynagh lead-zinc deposit in Ireland. *Nature* 313, 128-131.
- 3.- Boyce, A.J., Coleman, M.L. & Russell, M.J. 1983. Formation of fossil hydrothermal chimneys and mounds from Silvermines, Ireland. *Nature* 306, 545-550.
- 4.- Brocks, J.J., Logan, G.A., Buick, R. & Summons, R.E. 1999. Archean molecular fossil and the new early rise of eukaryotes. *Science* 285, 1033-1036.
- 5.- Butterfield, N.J. 2000, *Bangiomorpha pubescens n.sp.* : implications for the evolution of sex, multicellularity and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of eukaryotes. *Paleobiology* 263, 386-404.
- 6.- Cavalier-Smith, T. 2002, The neomuran origin of archaeobacteria, the neobacterial root of the universal tree and bacterial megaclassification. *Int. Syst. Evol. Microbiol.* 52, 7-76.
- 7.- Documento de la fundamentación de la Reforma Curricular 2003, de Colegio de Bachilleres del estado de Baja California. 2003, 4-5, 14, 16.
- 8.- Geptner, A., Kristmannsdottir, Kristjansson, J. & Marteinson, V. 2002, Biogenic saponite from an active submarine hot spring, Iceland. *Clays and Clay Minerals* 50, 174-185.
- 9.- Hai, T., Schneider, B., Schmidt, J. & Adam, G. 1996. Sterols and triterpenoids from the cyanobacterium *Anabaena hallensis*. *Phytochemistry* 41, 1083-1184.
- 10.- Hall, D. O., Cammack, R. & Rao, K.K. 1971, Role of ferredoxins in the origin of life and biological evolution. *Nature* 233, 136-138.
- 11.- Han, T. M. & Runnegar, B. 1992. Megascopic eukaryotic algae from the 2.1 billion-year old Neeguanee iron formation, Michigan. *Science* 257, 232-235.
- 12.- Hayes, J. M. 1994. Global methanotrophy at the Archaen-Proterozoic transition. In *Early life on Earth* (ed. Bengtson), pp 220-236. New York: Columbia University Press.
- 13.- Javaux, E. J., Knoll, A. H. & Walter, M. R. 2001. Morphological and ecological complexity in early eukaryotic ecosystems. *Nature* 412, 66-69.

- 14.-Martin, W. & Müller, M. 1998. The hydrogen hypothesis for the first eukaryote. *Nature* 392, 37-42.
- 15.-Mojzsis, S.J. Arrhenius, G., McKeegan, K.D., Harrison, T.M., Nutman, A.P. & Friend, C.R. 1996. Evidence for life on Earth before 3800 million years ago. *Nature* 384, 55-59.
- 16.-Morchio, R., Traverso, S. 1999. The hydrophobic superficial layer: the primordial cradle of life? *Biology Forum* 92, 105-117.
- 17.-Morita, R.Y. 2001. Is hydrogen the universal energy source for long-term survival? *Microbial Ecology* 38, 307-320.
- 18.-Nisbeth, E.G. & Sleep, N.H. 2001. The habitat and nature of early life. *Nature* 409, 1083-1091.
- 19.-Orgel, L.E. & Crick, F.H.C. 1993. Anticipating an RNA world, some past speculations on the origin of life: where are they today? *Federation Proc.Federation Am. Soc. Exp. Biol.* 7,238-239.
- 20.-Oró, J. & Kimball, A.P. 1962. Synthesis of purines under possible Earth conditions II. Purine intermediates from hydrogen cyanide. *Arch. Biochem. Biophys.* 96, 293-313.
- 21.-Oró,J. 1961. Comets and the formation of biochemical compounds on the primitive Earth. *Nature* 190, 389_390.
- 22.- Oró, J. 1994. Early chemical stages in the origin of life. In *Early life on Earth* (ed. S. Bengston, pp. 48-49. New York: Columbia University Press.
- 23.-Rosing, M.T. 1999. ¹³C-depleted carbon microparticles in ~3700-Ma sea floor sedimentary rocks from West Greenland. *Science* 283, 674-676.
- 24.-Russell, M. J. & Hall, A. J. 1997. The emergence of life from iron monosulphide bubbles at a submarine hydrothermal redox and pH front. *J. Geol.Soc.Lond.* 154, 377-402.
- 25.-Russell,M.J. 1983. Major sediment-Hosted zinc-lead deposits: formation from hydrothermal convection cells that deepen during crystal extension. Short course in sedimenthosted stratiform lead-zinc deposits. Mineralogical Association of Canada, Short course handbook, vol.8,pp 251-282.
- 26.-Russell,M. J, Hall, A.J. & Gize, A.P. 1990. Pyrite and the origin of life. *Nature* 344,387.
- 27.-Russell, M.J., Hall, A.J. & Mellersh, A.R. 2003. On the dissipation of thermal and chemical energies on the early Earth: the onsets of hydrothermal

- convection, chemiosmosis, genetically regulated metabolism and oxygenic photosynthesis. In *Natural and laboratory-simulated thermal geochemical processes* (ed. R. Ikan). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer. (In the press)
- 28.-Russell, M.J., Hall, A.J., Cairns-Smith, A.G., & Braterman, P.S. 1988. Submarine hot springs and the origin of life. *Nature* 336, 117.
- 29.- Sagan, C. & Chyba, C. 1997. The early faint sun paradox: organic shielding of ultra violet-labile greenhouse gases. *Science* 276, 1217-1221.
- 30.- Schouten, S., Bowman, J.P., Rijpstra, W.I. & Sinninghe Damste, J. S. 2000. Sterols in a psychrophilic methanotroph, *Methylosphaera hansonii*. *FEMS Microbiol. Lett* 186, 193-195.
- 31.- Ueno, Y., Yurimoto, H., Yoshioka, H. Komiya, T & Maruyama, S. 2002. Ion microprobe analysis of graphite from ca. 3.8 Ga metasediments, Isua crystal belt, West Greenland: relationship between metamorphism and carbon isotopic composition. *Geochimica Cosmochimica Acta* 66, 1257-1268.
- 32.- Walter, M. 1983. Archaean stromatolites: evidence for the Earth's earliest benthos. In *Earth earliest biosphere: its origin and evolution* (ed. J. W. Schopf), pp 187-213. Princeton University Press.
- 33.- Wilde, S.A., Valley, J.W., Peck, W.H. & Graham, C.M. 2001. Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago. *Nature* 409, 175-178.
- 34.-Woese, C.R. 1987. Bacterial evolution. *Microbiol. Rev.* 51, 221-271.
- 35.-Woese, C.R. 2002. On the evolution of cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99, 8742-8747.
- 36.-Zillig, W. 1991. Comparative biochemistry of Archaea and Bacteria. *Curr. Opin. Genet. Dev.* 1, 544-551.