



28/10/79
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

LA EVOLUCION MOLECULAR ABIOTICA



**EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA**

TRABAJO MONOGRAFICO

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

P R E S E N T A :

FELIPE SALVADOR MENDIOLA MARTINEZ

MEXICO, D. F.

1984



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.



Lo lejos...

*en un lugar del Universo,
nació un planeta muy hermoso,
de un azul aguamarina se pintó,
verdes prados y volcanes levantó,
y engendró la vida con toda su potencia,
destando la ambición, odio e inocencia.*

*Lo que a la naturaleza le llevó
millones de años en construir,
al necio solo le bastó...*

...unas horas para destruir".

S. Merdiola 1982



... éste fué el principio de todo lo creado:"





Antes de la Creación no habían Hombres,
ni animales, pájaros, peces,
cangrejos, árboles, piedras,
hojas, barrancos, paja ni bejucos,
y no se manifestaba la faz de la tierra,
el mar encontrábase suspendido
y en el cielo no había cosa alguna
que produjese algún ruido,
no había cosa en orden,
cosa que tuviese ser,
si no es el mar
y el agua que estaba en calma
y así todo estaba,
en silencio y oscuridad como noche..."

"...Solamente estaba el Señor y Creador,
llamado corazón del cielo,
y vino su palabra acompañada
de los señores Tepeu y Gucumatx,
y confiriendo, consultando
y teniendo consejo entre sí
en medio de aquella oscuridad,
se crearon todas las criaturas..."

"...Primero fué creada la tierra,
los montes y los llanos;
dividiéndose los caminos del agua
y salieron muchas arroyos por entre los cerros
y en algunas y señaladas partes, se detuvieron,
rebasaron las aguas
y de este modo aparecieron
las altas montañas."

Después de esto
dispusieron crear a los animales,
guardas de los montes:
al venado, al pájaro, al león,
al tigre, a la culebra y al cartil.
Hecho ésto, les fueron repartidas
sus casas y habitaciones..."

"...Y tomando cada uno su habitación y morada
conforme les había repartido el creador,
habitaron la tierra..."

"...Y así continuaron con la Creación,
hasta que decidieron hacer una forma perfecta
y de la cual estuviesen satisfechos.
Los dos formadores hicieron un cuerpo de barro,
pero era pesado, frío, sin movimiento,
y como el lado estaba blanco,
todo se desmadejaba..."

"...Hablaba, pero no tenía entendimiento
y se deshacía en el agua..."

"...Al instante fué hecha de madera
la imagen del hombre,
se multiplicaron y tuvieron hijos e hijas,
pero salieron tontos,
sin corazón, ni entendimiento..."

"...Después de los anteriores fracasos,
habiéndose acercado el tiempo de la Creación perfecta,
el Ahau Tepeu y el Ahau Gucumatz
buscaron la substancia
para hacer la carne del hombre..."

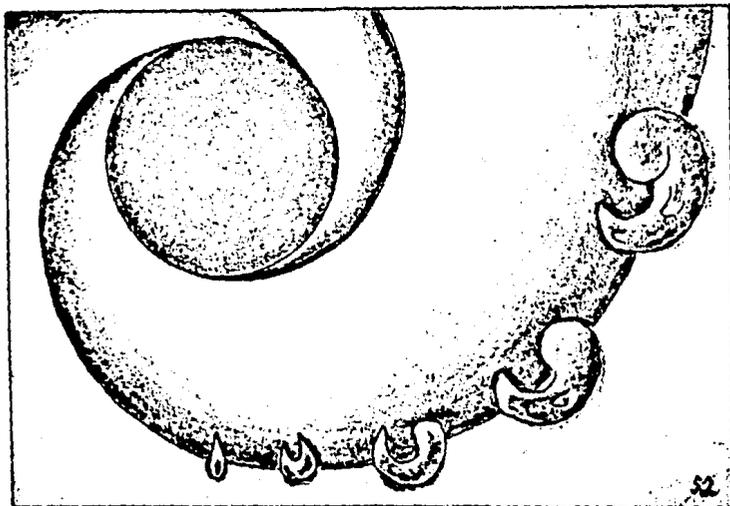
"..Consultaron paciente y detalladamente entre sí
de qué forma lo harían,
porque los pasados Hombres
habían salido imperfectos.
Buscando cosa que pudiese servir
para carne de aquél,
se les manifestó de esta forma:
Cuatro animales les manifestaron
la existencia de las mazorcas
de maíz blanco y de maíz amarillo..."

"..La abuela Xmucané
tomó del maíz blanco y del amarillo,
e hizo comida y bebida,
de las que salió la carne y la gordura del hombre,
y de esta misma comida
fueron hechos sus brazos y sus pies."

"De ésto formaron el Señor Topou y Gucumatz
a nuestros primeros padres y madres..."

"..Posteriormente se repartieron
en las cuatro direcciones y poblaron la tierra,
aprendieron a transformar la tierra,
a cultivarla,
y así se dió fin perfecto
a todo lo creado."

LA "EVOLUCION MOLECULAR ABIOTICA"



CAPITULO I

ANTECEDENTES HISTORICOS

CAPITULO II

ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

CAPITULO III

ORIGEN DE LAS BIOMOLECULAS

CAPITULO IV

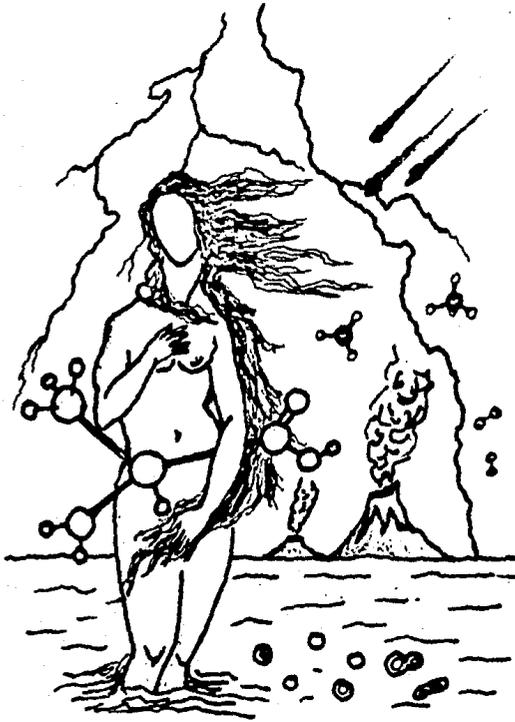
ORIGEN DE LAS MACROMOLECULAS

CAPITULO V

ORIGEN DE LOS SISTEMAS PRE-CELULARES

CAPITULO I

ANTECEDENTES HISTORICOS



●● CONCEPTO DE VIDA

●● EL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS

●● ORIGEN COSMOGONICO

●● ORIGEN DE LA VIDA

CAPITULO I

ANTECEDENTES HISTORICOS

*"...Y Dios dijo "Que haya luz", y hubo luz.
Vió Dios que la luz era buena,
y separó la luz de las tinieblas..."*

Gen. 1, 3-4

i tenemos la curiosidad de observar detalladamente una noche estrellada de invierno, podemos encontrar a simple vista hermosas constelaciones, tales como las de Orión, Casiopea o tal vez estrellas muy brillantes como Aldebarán de Tauro, Canopus del Navío y Antares de Escorpio. Pero con la ayuda de un potente telescopio, podríamos mirar con mayor detalle algunos planetas de nuestro sistema solar o quizá sistemas binarios como Zeta de Auriga, donde encontraríamos una supergigante roja acompañada de una estrella blanca azulada.

Si vemos todas estas estrellas nos parecerán hermosas, pero después de algún tiempo, nuestro pasatiempo habrá terminado. Solo aquel hombre que se dedica a observarlas y no a mirarlas pasivamente, está haciendo ciencia^{1,2} y no solo verá los colores o el tamaño de la estrella, sino que además, hará cálculos matemáticos, -- trazará líneas o trayectorias y en su interior surgirán muchas preguntas que le llevarán algún tiempo para darles una respuesta acertada y concreta.

CONCEPTO DE VIDA

¿Qué es la vida? ¿De dónde venimos? ¿Habrá otra forma de vida en los demás planetas de la galaxia? ¿Hacia dónde marcha la evolución del Hombre y del Universo?

Las anteriores, son algunas de las tantas preguntas que

se ha hecho el Hombre desde que se interesó por su origen, sin embargo, la primera: ¿Qué es vida? es quizá, la más difícil de responder.

En otra época, posiblemente algún poeta la hubiese definido como "el sentimiento de vida", ya que como con el amor, podemos sentir sus efectos, pero no existe una descripción exacta para poderlos definir.

Lo que sí se sabe es que, los organismos vivos en general: nacen, crecen y en éste crecimiento intervienen reacciones metabólicas, movimiento, irritabilidad³, etc.; se reproducen pudiendo sufrir mutaciones y por último mueren, para ser aprovechados por otros organismos y cerrar así los ciclos de la naturaleza⁴.

Pero no se puede decir que los organismos actuales hayan existido siempre, ni que hayan aparecido por generación espontánea. Estos organismos son como son, debido a una serie de procesos químicos y bioquímicos, los cuales han sido afectados por el medio ambiente y por la selección natural de las especies a través de millones de años.

Cabe preguntar, ¿Cómo y en qué forma apareció la vida? ¿Cuál es el origen de los seres vivos? Para contestar éstas preguntas es necesario hacer primero un poco de historia:

El Hombre, desde la antigüedad, al no poder explicar -- ciertos fenómenos naturales, le ha dado una respuesta simplista y un sentido divino o creacionista a la existencia del universo y a los seres vivos, pero en la actualidad, plantea éste origen como un problema a comprobar por medio del estudio y del método científico⁵.

EL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS

Hace algunos siglos, mientras que algunos intelectuales eran fieles seguidores de las ideas creacionistas, otros comenzaban a proponer hipótesis y teorías para explicar el origen del universo, basados en ideas y conceptos más reales. Se propusieron ideas cosmogónicas como la de Kant (1724-1804), Laplace (1749-1827) y o-

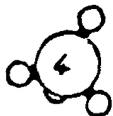
tras más recientes. A la par de éstas ideas, surgieron las primeras hipótesis del origen biológico en la tierra, de tal modo que, a finales del siglo XIX se tenía la idea de que los seres vivos se originaban de tres maneras distintas: la primera de ellas proponía -- que los seres vivos eran el resultado de organismos de especie completamente diferente; en el segundo caso, se llegó a pensar que, se engendraban de material inerte o carente de vida (generación espontánea) y por último, se sabía que podían nacer del apareamiento de seres vivos del mismo tipo.

La primer idea, fué el resultado de pésimas observaciones, he aquí un ejemplo: durante los años comprendidos entre 1650 y 1700, se sabía que podían aparecer "gusanos" en los troncos de los muelles, pero muchos marinos creyeron que éstos se transformaban en gansos. Lo que sucedió fué que habían visto gusanos adheridos a -- los troncos pero por otro lado, también habían visto percebes, por lo que afirmaron que los percebes eran los intermediarios entre el gusano y el ganso. Esta afirmación fué apoyada por muchos marinos y naturalistas de aquella época.

Boethius escribió: "si se arroja un tronco al mar, con el tiempo aparecen gusanos en él y en éstos a la vez van apareciendo la cabeza, el cuello, el tórax, los piés y finalmente las alas, el pico y las plumas" ⁶ .



Desde luego que ésta idea fué descartada después de un tiempo, al realizar observaciones cuidadosas.



La generación espontánea fué una hipótesis que a pesar de ser muy antigua, duró hasta hace algunas décadas.

Aristóteles (384-322 a.C.) creyó firmemente en ésta --- idea, sosteniendo que los peces y las anguilas eran el producto del fango húmedo, además afirmaba que todos los seres vivos tenían un "principio activo" y que gracias a él podían desarrollarse y vivir. Pensó que así como el huevo tenía el "principio activo" para transformarse en un pollo en ciertas circunstancias, así también el sol, el barro y otros materiales contenían ese mismo "principio".

La forma de los seres vivos engendrados de otros seres vivos semejantes dependería del "calor animal", y la de los nacidos de materiales inertes sería el resultado del "calor solar"⁶.

Las ideas aristotélicas ejercieron mucha influencia durante un largo período de tiempo en el cual la ciencia se estancó. Con éste tipo de conceptos, la gente creyó que las moscas y los gusanos eran producto de la carne en putrefacción.

En el siglo XVI, Paracelso (1493-1541) describió una serie de observaciones en torno a la generación espontánea de ratones, tortugas, ranas y anguilas a partir del agua, aire, tierra, paja y madera en descomposición⁷.

Un siglo después, Jean Baptiste Van Helmont (1577-1644) afirmó lo siguiente: "si en el rincón de una habitación oscura se colocan una camisa sucia y unos granos de trigo, al transcurrir --- veintidós días aparecerán ratones, producidos por el sudor humano de la camisa, que constituye el "principio activo"⁷.

El hecho de que éstas ideas (que actualmente parecen -- absurdas) fuesen exteriorizadas por intelectuales, hicieron que la gente las creyera totalmente, o los que dudaban, no se atrevían a - discutir las por temor a quedar en ridículo.

Contemporáneo a Helmont, Francesco Redi (1626-1697) fué de los primeros hombres de ciencia que se reusó a reconocer el nacimiento de las moscas a partir de carne descompuesta.

Diseñó experimentos con controles apropiados para demostrar científicamente que éste concepto era erróneo^{6,7}.

Este fué un paso muy importante para el estudio cientí-

fico, ya que si Helmont hubiese introducido como control una caja de madera en la cual hubiese colocado la camisa sudada y el trigo, hasta la fecha estaría esperando sus famosos ratones.

Redi sabía que de la carne en descomposición salían larvas y moscas, pero él estaba seguro que eran producto del apareamiento de dichos insectos, los cuales colocaban sus huevecillos en la carne y éstos se desarrollaban allí.

Para apoyar su hipótesis colocó en varios frascos (por separado) serpientes muertas, un trozo de carne y pescados muertos. A la par de éste experimento realizó otro con los mismos materiales pero con frascos tapados. Después de cierto tiempo, en los recipientes destapados encontró larvas y moscas, pero no así, en los frascos cerrados.

Muchos científicos aseguraron que en el aire se encontraba el "principio activo" que daría vida a éstos organismos, por lo que Redi realizó un segundo experimento, pero en ésta ocasión colocó una malla muy fina en uno de los frascos y lo introdujo en una caja con otra malla para evitar que los huevecillos de las moscas cayeran dentro del recipiente. Pasado algún tiempo, se pudo observar que habían moscas alrededor de la caja, pero ninguna en su interior.

Redi había logrado un gran adelanto para la realización de experimentos, pero en trabajos posteriores tuvo el error de caer en malas observaciones y creer que las avispas o algunos tipos de insectos se desarrollaban en forma espontánea a partir del jugo de las plantas. También creyó que los gusanos intestinales y los de madera surgían por sí mismos de la putrefacción de algunos materiales o substancias. Esta última observación fué aclarada un tiempo después por Marcello Malpighi (1628-1694). No obstante, debido a la falta de comunicación en aquellos tiempos, Redi no pudo corregir su error ^{6,7}.

Lo importante fué que Redi pudo comprobar su hipótesis con métodos experimentales, cosa que en aquella época los filósofos lo hicieron basados en pensamientos y en lecturas. "La creencia es vana sin la confirmación del experimento", afirmó éste naturalista.

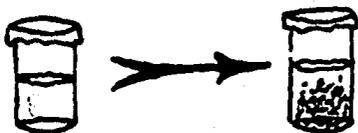
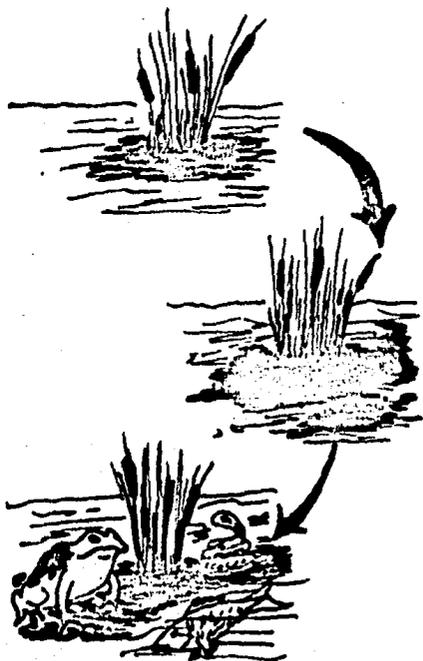
Ya que los trabajos de Redi pudieron repetirse cientos de veces en cualquier parte del mundo, dieron origen a las bases experimentales del método científico⁸.

Sin embargo, con el adelanto científico otra polémica dió comienzo.

Leeuwenhoek (1632 - 1723) construyó el primer microscopio, con el cual pudo observar en el agua de lluvia, de ríos y de pantanos, seres vivos microscópicos^{7,9}. ¿De dónde provenían estos seres?

Los abiogenistas sabían que no existía la generación espontánea en animales superiores o macroscópicos, pero al descubrir esta forma de vida no conocida hasta entonces, propusieron que estos organismos se engendraban del agua.

Para obtener seres vivos microscópicos, solo bastaba colocar en agua un poco de paja, hervir la durante cierto tiempo y dejarla enfriar. Después de algunos días la infusión se enturbiaba, apareciendo en



ella protozoarios y bacterias.

Los abiogenistas aseguraban que si la infusión se hervía se mataba toda clase de vida, por lo tanto pensaron que al transcurrir el tiempo los seres microscópicos se formaban de la paja y del agua.

Contrariamente a estas ideas, los biogenistas sostuvieron la hipótesis de que los microorganismos provenían del aire o de alguna forma de vida resistente al calor, pero en este caso, si la explicación era correcta, el aire estaría muy contaminado y los humanos morirían ya que sus pulmones se infectarían terriblemente, -

cosa que no sucede, gracias a los mecanismos de defensa (desconocidos en aquella época).

El reto fué entonces, demostrar que en el aire estaban presentes las bacterias.

Louis Joblot (1645-1723) colocó infusión de paja en dos frascos y antes de enfriarlos tapó uno con pergamino. Posteriormente los dejó reposar varios días y comprobó que el frasco abierto -- contenía microorganismos, mas no así el que tenía la envoltura de pergamino. Para apoyar su experimento, destapó el segundo frasco - y después de varios días, comprobó que en ese mismo recipiente se encontraban bacterias iguales a las del frasco anterior⁶.

John Turberville Needham (1713-1781) hirvió caldo de carne y lo colocó en un frasco de vidrio, el cual selló inmediatamente con un tapón de corcho. Después de varios días encontró que el caldo estaba contaminado, dando lugar a que los abiogenistas se sintieran más apoyados^{6,7}.

Pero la lucha no tuvo fin allí, ya que Lázaro Spallanzani (1729-1799) repitió el experimento de Needham, encontrando que - aquel no había tomado en cuenta dos factores importantes: el primero consistía en que, había que hervir un poco más de tiempo el caldo con el fin de matar esporas resistentes y como segundo factor, - no debía de utilizar corcho, ya que este material contenía bacterias en los pequeños orificios y además dejaba pasar el aire en pequeñas cantidades.

Spallanzani realizó un experimento, en el cual introdujo caldo hervido en ocho frascos iguales. Cuatro de ellos los tapó con corcho y cuatro los selló herméticamente. Los resultados fueron sorprendentes, pues encontró que los recipientes cerrados con corcho estaban contaminados, mientras que los otros no^{6,7}.

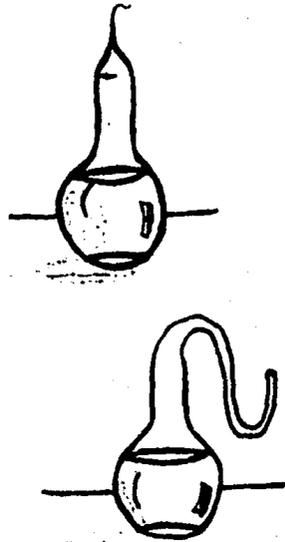
La reacción de los abiogenistas no se hizo esperar y atacaron a Spallanzani duramente. Aseguraron que el aire era necesario para la generación espontánea. ¿Qué hacer entonces? , pregunta

ron los biogenistas.

F. A. Pouchet (1800-1872) preparó infusiones de paja y suministró aire preparado artificialmente para evitar así cualquier riesgo de contaminación. Hirvió la infusión e inyectó nitrógeno y oxígeno preparados en su laboratorio. Después de algunos días, la infusión estaba llena de gérmenes, por lo que Pouchet llegó a la -- conclusión de que la generación espontánea era posible ^{7,9}.

Aproximadamente en 1860, Louis Pasteur (1822-1895) comenzó a estudiar el problema del origen de los seres vivos, aceptando el reto que constituían los trabajos de Pouchet ⁷.

Pasteur utilizó infusiones de levaduras y azúcar para sus experimentos. Hirvió éstas mezclas y selló los matraces, posteriormente subió a las montañas nevadas, donde pensaba que existirían en menor porcentaje esporas de microorganismos. Procedió a destapar sus recipientes por cierto tiempo y después de esto, los selló nuevamente. Al llegar a su laboratorio encontró que, de veinte recipientes, solo uno se había contaminado. Se analizó el aire de cada matraz y se comprobó que tenía las concentraciones de aire ideales para la vida ⁶.



Pasteur abrió otros matraces en diferentes sitios, para comprobar que no todos los lugares tienen la misma cantidad de bacterias.

Hubo quienes aseguraron que, al cerrar los matraces, no se permitía la formación de vida en dichos recipientes, hecho por el cual, Pasteur diseñó sus famosos matraces con cuello de cisne.

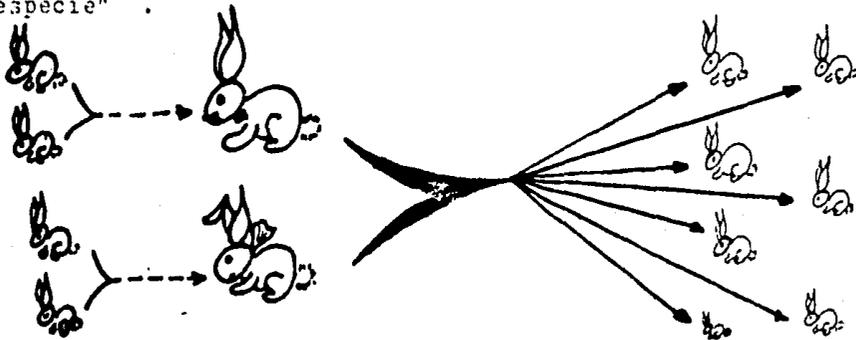
Así quedó comprobado que la hipótesis sobre la generación espontánea es errónea ^{10,11}.

Después de cierto tiempo, Pasteur realizó los experimentos de Pouchet y encontró que las conclusiones de éste investigador

eran correctas. Lo que sucedió fué que, mientras Pasteur trabajó con infusiones de levaduras y azúcar, Pouchet lo hizo con infusiones de paja⁶.

Este factor fué muy importante, pues se conoce ahora -- que en la paja se encuentran esporas de gérmenes resistentes a la ebullición, por ejemplo se tiene el caso de dos bacilos gram-positivos productores de esporas, el primero aerobio y el segundo anaerobio¹²: el *Bacillus subtilis* llega a sobrevivir en forma esporulada hasta 15 minutos a 100°C. en calor húmedo y una hora a 150°C. en calor seco. En tanto que las esporas de *Clostridium botulini* pueden morir a los 5 minutos con calor húmedo a 120°C. y a las 2 horas en calor seco con la misma temperatura¹³.

La última idea que explicaba el origen de los organismos vivos, fué la siguiente: "Todos los seres vivos se originan de padres de la misma especie", hipótesis que en la actualidad es sostenida por todos los biólogos, aunque ya en el siglo XVII John Ray (1628-1705) sostenía que "una especie nunca nace de una semilla de otra especie"⁷.



En el mismo siglo en que Pasteur desarrolló sus experimentos, vino a sumarse un nuevo término biológico llamado "EVOLUCION". Dicho término implica un proceso con cambio gradual, continuo y normalmente con un componente direccional, sin presentar saltos discontinuos, ni cambios súbitos o radicales.

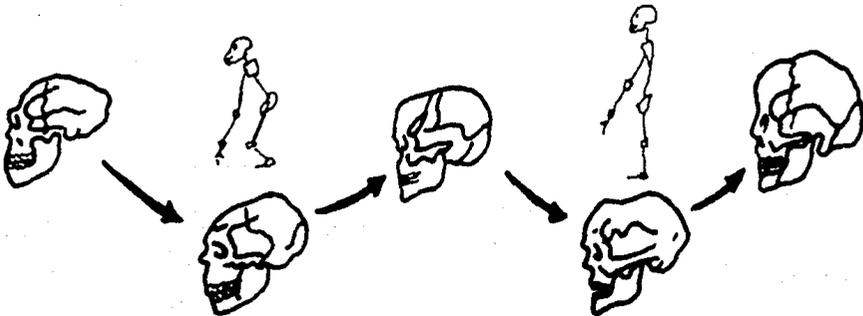
En el año de 1809, Jean Babtiste Lamarck (1744-1829) propuso la primer teoría coherente de la evolución, pero cayó en el --

error de aceptar la generación espontánea, ya que para él, cada organismo representaba una línea evolutiva independiente que había tenido principio en la abiogénesis, pero que tenía la tendencia hacia la perfección de la especie. Además, también sostuvo la idea de -- que solo era posible explicar la gran diversidad de los seres vivos, si se aceptaba el concepto de que la tierra tenía una gran antigüedad y de que la evolución era un proceso gradual¹⁴.

Fue Charles Darwin (1809-1882) quien en 1859 publicó su obra titulada "El Origen de las Especies por medio de la Selección Natural", basada en cuidadosas observaciones realizadas en las islas Galápagos, donde pudo ver que en cada una de ellas existía una forma muy particular de tortuga y pinzón.

Darwin propuso que las especies cambian constantemente en un mundo que no es estático, sino evolutivo¹⁵.

Estas aportaciones estaban de acuerdo con el pensamiento de Lamarck, pero Darwin agregó que los organismos semejantes estaban emparentados y descendían de un antepasado común. Aseguró -- que el cambio evolutivo no es el resultado de un misterioso impulso Lamarckiano, ni de una simple cuestión al azar, sino que es el resultado de la selección natural, teniendo en cuenta la selección de la supervivencia en la lucha por la existencia, donde un organismo compete no solo con otros individuos del mismo tipo, sino también con organismos de distinta especie. En éste caso, una nueva mejora física convertirá al individuo y a sus descendientes en competidores más fuertes y mejor adaptados, y ésta a la vez, contribuirá a la diversificación y a la especialización. Además, el uso o desuso de esa estructura por parte de una generación, puede reflejarse en la generación siguiente¹⁵.



Las ideas de Darwin sobre la selección, tuvieron un -- gran apoyo al descubrirse tardíamente los trabajos de Gregor Mendel (1822-1884) en el año de 1900.

En 1901, De Vries propuso una teoría en la cual las -- nuevas especies se originaban por mutación y en 1940 Richard B. G. Goldschmidt, defendió la teoría de las mutaciones sistémicas como mecanismo de explicación del origen de las nuevas especies superiores ¹⁵ .

Hoy en día, se sabe que los cambios genéticos en las -- especies son mutaciones y que los organismos evolucionan en forma selectiva poco a poco y no con cambios drásticos. Además, el Hom-- bre tiene la certeza de que el universo, las galaxias, las estre-- llas, la tierra y todos los seres vivos, han evolucionado a través de un largo periodo de tiempo, el cual no estuvo ordenado ni progra-- mado de antemano, pero que ha sido una historia con un cambio gra-- dual y continuo, moldeada por los procesos naturales, más o menos -- bidireccionales, que concuerdan con las leyes físicas.

Darwin reafirmó las bases para creer que los seres vi-- vos descienden de otros seres vivos de la misma especie, aunque qui-- zá con algunas modificaciones para su mejor adaptación.

Pero, una de las limitaciones de la teoría de Darwin es que no indica cuál fué el principio de la vida o el origen del pri-- mer organismo vivo, además, negada la abiogénesis por Pasteur, ¿Có-- mo poder explicar el verdadero origen de las especies que han pobla-- do la tierra desde la antigüedad?

Fueron muchas las hipótesis que trataron de explicar és-- te origen o el nacimiento de nuevas especies. Entre las hipótesis más famosas están las de: Buffon o "Degeneración de las formas"; la de Cuvier o "Sucesión de faunas con distintas facies", debida -- al repoblamiento del globo con los supervivientes de una serie de cataclismos; la de D'Orbigny o "Posibilidad de varias creaciones -- sucesivas; o bién la hipótesis de la panspermia ^{10,16} .

En 1871 Lord Kelvin propuso que el origen de los orga--

nismos terrestres, fué el resultado del choque de la Tierra con un planeta que contenía gérmenes vivos ¹⁷.

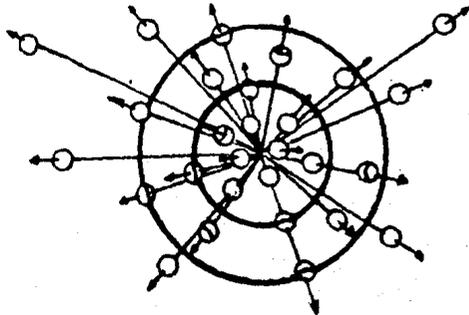
En todas las épocas, el Hombre ha dado explicaciones cómodas para eludir preguntas fáciles de difícil respuesta, por lo -- tanto, el decir que la vida vino de otro planeta en forma de esporas adheridas a meteoritos, es sencillamente una evasiva a la pregunta principal, ya que si la vida en la tierra vino del exterior -- entonces, ¿Cómo se originó la vida en aquel lugar? y más aún, ¿Cómo fué el principio de ese planeta que dió origen al primer ser vivo?, porque, es indudable que las condiciones atmosféricas del planeta -- al estar en proceso de formación, fueron factores importantes para -- la síntesis de compuestos que serían la base para la futura aparición de estructuras más complejas.

Numerosos investigadores, científicos y filósofos, han propuesto hipótesis y teorías para tratar de explicar el origen del Universo, el del Sistema Solar y el de la Tierra, porque un planeta con las características del globo terraqueo, representa un caso particular entre millones de mundos, ya que gracias a su composición, pudo dar origen a organismos vivos, cosa que por ahora resulta imposible encontrar en otros planetas como Júpiter o Venus.

ORIGEN COSMOGONICO

Para el Hombre de la antigüedad, eran los dioses los -- creadores del Universo y los que regían las leyes físicas y cuidaban de él.

El abate Lemaitre, fundado en su teoría de la expansión del universo, supuso que éste se formó a partir de un "átomo primordial" el cual explotó en la -- hora cero de la creación y que -- dilatándose sin cesar, prosigue su expansión con tendencia a desvanecerse ¹⁸.



George Gamow, también recurrió a la idea de la "gran explosión" (big-bang) para explicar el origen del Universo^{19,20}. Calculó que la temperatura del átomo primordial al momento del estallido debió de ser de $1.5 \times 10^{12} \text{ }^\circ\text{K}$ ²¹.

En la actualidad existen numerosos datos que apoyan la teoría de "la gran explosión y expansión del Universo"^{21,22,23}.

En 1644, época del Renacimiento, Descartes propuso que el Universo era finito, creado por Dios y que siempre se mantenía constante la cantidad de movimiento. La circulación de los planetas en torno al Sol se conservaba por una serie de torbellinos que arrastraban tanto a planetas como a satélites. También propuso el concepto de una "nebulosa primitiva" como principio del sistema solar²⁴.

Posteriormente, Buffon en 1745 daba a conocer la primera idea catastrófica, en la cual señalaba que los planetas eran el resultado de un choque entre un cometa y el Sol. Del astro incandescente se proyectó una gran cantidad de materia, que al paso del tiempo, formó globos gracias a la atracción mutua de sus partículas, entonces, debido a que los globos más densos no pudieron alejarse mucho, se transformaron en planetas de tipo terrestre, mientras que los globos de poca densidad y gran volumen, se alejaron más, dando lugar a planetas gigantes^{25,26}.

A Kant se le ha considerado como el primer evolucionista, ya que en el año de 1754 supuso que la materia del Sol y la de los planetas estaba difundida en el espacio. Según su hipótesis, en alguna parte de esta nube había un centro de mayor densidad, cuya atracción motivó una condensación, que poco a poco se fué engrosando. Ciertos factores dieron lugar a desviaciones que produjeron una circulación en un solo sentido y en la misma región. Posteriormente, los planetas se formarían de la materia que, situada alrededor del Sol, se iría compactando poco a poco^{25,26}.

La idea de Laplace en 1796 fué parecida. Partía de una nebulosa incandescente con una condensación central, rodeada de una tenue pero extensa nebulosa y dotada de un movimiento de rotación.

Este movimiento, se aceleró al enfriarse y contraerse - la masa caliente, y por fuerza centrífuga se fueron desprendiendo - de la masa central, anillos de materia en equilibrio inestable. Estos anillos se fraccionaron, reuniendo la masa de cada uno de -- ellos, en un solo cuerpo ^{25,26,27}.

Chamberlin en 1916 planteó su hipótesis planetesimal, - en la cual propuso, que del Sol surgieron, ya sea por el paso de una estrella cerca de él o por su propia potencia, pequeñas masas -- llamadas planetésimos, de cuya acumulación se formaron los planetas y los satélites ^{25,26}.

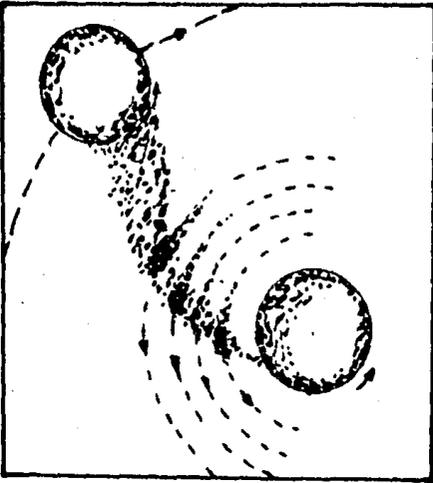
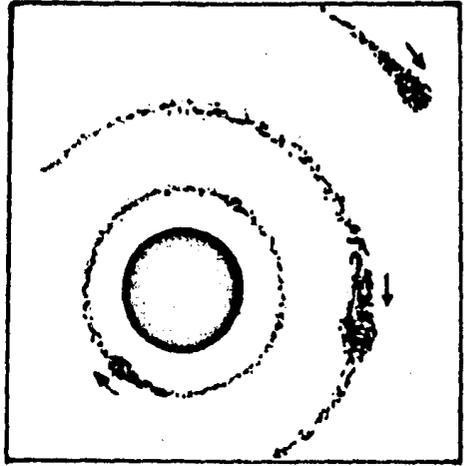
En 1917 Jeans y Jeffreys, propusieron que una estrella pasó cerca del Sol, produciendose entre ambos astros mutuas mareas, las cuales se fraccionaron, dando lugar a varios cuerpos ²⁵.

Bergala en 1930, opinó que los planetas se formaron de materia que el Sol lanzó gracias a la presión de radiación ²⁵.

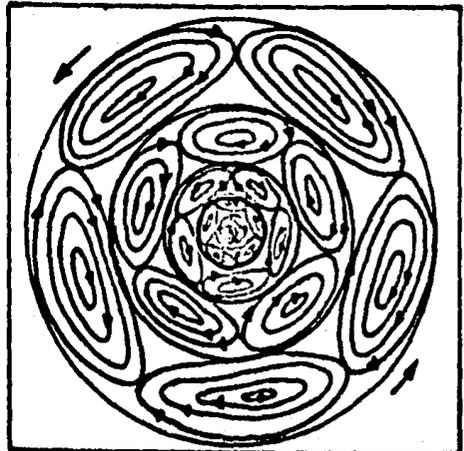
Posteriormente en 1936, Littleton supuso que el Sol era en un principio una estrella binaria. La compañera cayó bajo el - campo gravitatorio de una tercer estrella que se acercó y la capturó, dejando a su paso un extenso filamento de gases que capturó el Sol. Dicho filamento siguió girando por un largo período y dió lugar, después de fragmentarse, a la formación de los planetas ²⁵.

Para Alfven en 1942, el Sol atravesó una nebulosa. Su presencia dentro de la masa gaseosa motivó cargas eléctricas en los átomos del gas, los cuales se precipitaron siguiendo espirales hacia el astro y formaron anillos de gases, que más tarde, se condensaron en planetas ²⁵.

teoría de Laplace



teoría de Jeans-Jeffreys



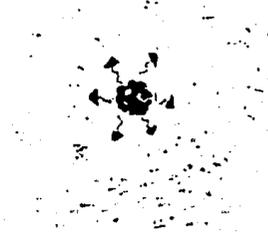
teoría de Weizäcker

Weizäcker desarrolló la teoría de los torbellinos entre los años de 1943 y 1945, en la cual dió a entender que los planetas debieron formarse en el seno de una nebulosa aplanada con rotación en torno al Sol. Este astro procedía a su vez, de la nebulosa original. Esta nebulosa debió de ser inestable con tendencia a disiparse. Parte de la nube más cercana al Sol cayó sobre él, pero a pesar de la inestabilidad de éste disco, se establecieron movimientos relativamente estables, gracias a los cuales, los átomos se organizaron en órbitas girando en torno al Sol.

Este gran disco se transformó en torbellinos celulares independientes unos de los otros, girando alrededor de sus centros y dando vueltas en torno a la estrella. Los planetas surgirían en los límites internos y externos de las zonas, allí, donde los movimientos de las células en forma de torbellinos se encontrarían con trapuestos, originando remolinos con movimientos de rotación en el mismo sentido del de translación, antes de que la materia se acumulara. Después, un mecanismo parecido daría lugar a los satélites - de algunos planetas^{20,25,26,27}.

O. Schmidt en 1944 presentó una teoría parecida a la -- anterior, únicamente que en éste caso, la nebulosa en que se introduciría el Sol sería de polvo y el resultado sería la formación de planetesimales del tamaño de los asteroides, los cuales se juntarían para dar lugar a los planetas^{25,26}.

En la década de los 70s. Cámeron propuso que el sistema solar se formó a partir del colapso gravitacional de una nube de -- gas y polvo interestelar²⁸.



En general, la mayoría de las teorías que tratan de explicar el origen del sistema solar, coinciden en que éste se formó a partir de una inmensa y fría nube de hidrógeno y helio, mezclada con el polvo interestelar, rico en elementos químicos de estrellas fragmentadas. Aquella gigantesca nube de polvo, unida por su propio campo gravitatorio, difuso y endeble, rotó lentamente durante millones de años y poco a poco comenzó a condensarse. Probablemente, átomos que chocaban entre sí empezaron a aglutinarse, formando densos remolinos dentro de la nebulosa o quizá, la explosión de una super nova cercana lanzó hacia el exterior nuevas olas de material, incrementando la masa de la nube y provocando una ola de compresión que produjo bolsas de mayor densidad^{29,30}.

El centro de la nube, condensado en una esfera girante de gas y polvo, dió nacimiento a la proto-estrella que posteriormente se convirtió en el Sol.

Pero por otro lado, también se piensa que, si la nube o nebulosa solar era lo suficientemente densa como para sufrir un colapso gravitatorio, generaría un número considerable de sistemas múltiples, en lugar de una estrella simple y en caso de tratar de explicar la condensación de un solo sol, esto no facilitaría la descripción del origen de los planetas de tipo terrestre.

Aún en la actualidad, es difícil asegurar que todo el sistema solar tiene el mismo origen, ya que se encuentran planetas de naturaleza muy distinta, como es el caso de Júpiter³¹ si se le compara con la Tierra.

Hasta ahora, solo existen dos corrientes capaces de explicar este origen. Una de ellas propone que, un planeta de tipo terrestre, pudo haber surgido de una concentración de gas y polvo nebuloso, que habrían colapsado hasta constituir un planeta por su propia gravitación, o bien, el planeta pudo haberse constituido por la acumulación de pequeños cuerpos previamente condensados a partir del gas y del polvo.

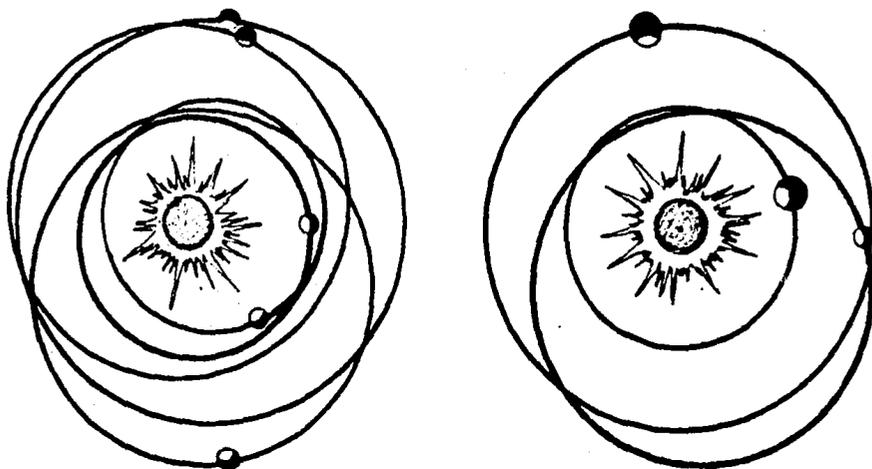
Las colisiones entre las partículas de polvo (constituidas principalmente por compuestos de silicio, óxidos de hierro, grafito y cristales de agua) crearon fragmentos de materia llamados --

"planetesimales"^{32,33,34}

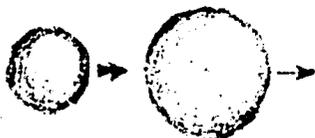
Estos pequeños cuerpos, estarían girando en torno al -- Sol y al acercarse unos con otros, se pegarían para dar origen a un cuerpo de mayor masa y con una órbita distinta a la de los dos cuerpos originales.

Los fragmentos mayores recogieron a los más pequeños y a medida que la atracción gravitatoria crecía, esta recogida continuó, produciéndose cada vez, con mayor eficiencia.

Si se piensa que la velocidad de choque fué muy grande, lo más seguro es que los dos cuerpos se fragmentarían en otros más pequeños, pero si la velocidad fué relativamente baja, pudo permitirse la coalescencia³².



energías potencial y cinética



energía calorífica



Al girar estos planetesimales y formar los planetas primitivos o proto-planetas, debieron arrastrar consigo material de la nebulosa en la cual se encontraban, además, los cuerpos al fusionarse, transformaron su energía potencial en energía calorífica.

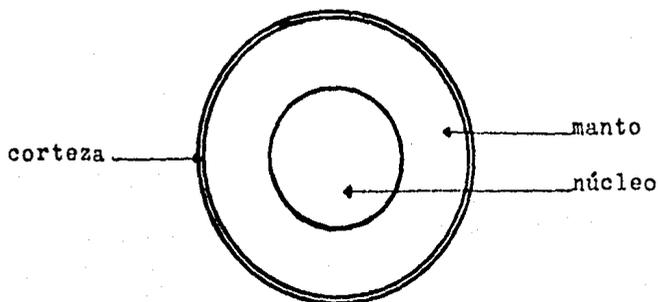
Los planetas situados a mayor distancia del ardiente y

recién nacido sol, permanecieron relativamente fríos. Gracias a -- ello fué que pudieron reunir átomos abundantes de hidrógeno y helio, difíciles de capturar cuando están calientes y activos. Así, los - proto-planetas exteriores, contando con un buen suministro de ele- mentos, se abultaron hasta alcanzar proporciones gigantescas. Los proto-planetas más cercanos al Sol, sin embargo, estaban demasiado calientes para atrapar a estos elementos. Se formaron por eso de - una acumulación de elementos más pesados, además, otros datos de--- muestran que lejos del Sol, únicamente se pueden formar planetas gi- gantes, ya que a mayor distancia, mayores serán las proporciones de las ramas espirales que participen en la creación de globos plane- tarios³⁵.

El Sol al condensarse y comenzar a emitir energía, pro- dujo también, un viento solar que permitió limpiar el sistema solar del gas que no se había condensado.

La tierra fué entonces, bombardeada continuamente por - meteoritos que habían escapado de la atracción solar y que no habí- an podido formar planetesimales.

Durante cierto periodo la Tierra fué enfriándose, pero otros dos procesos la volverían a calentar. Uno fué la lluvia de - meteoritos que al chocar a 40 000 Km/h. convirtieron su energía ci- nética en calor, y otro fué el proceso de desintegración radiactiva del uranio y el torio, que al transcurrir millones de años, fundie- ron el núcleo terrestre para que los silicatos flotaran fuera del - centro del planeta. El núcleo terráqueo, permaneció como un líqui- do burbujeante calentado al rojo vivo, aislado por una corteza fría y un manto caliente, blando, pero sólido^{36,37,38}.



En un principio, la Tierra perdió la mayor cantidad de hidrógeno y helio, debido a que su escasa fuerza de gravedad era incapaz de retenerlo en su totalidad. Sin embargo, quedó con una atmósfera de carácter reductor, en la cual no existía oxígeno libre.

A medida que la Tierra se enfriaba, su corteza rugosa comenzó a quebrarse ocasionalmente, dando lugar a la ocurrencia de terremotos y al nacimiento de volcanes.

La actividad volcánica produjo un incremento de bióxido de carbono y vapor de agua. El bióxido de carbono se combinó con los silicatos de calcio para formar el cuarzo. Los carbonatos en rocas metasedimentarias indican que por lo menos hace 3.8×10^9 años, éste gas era la forma dominante del carbono. En esa misma época, -- apareció el agua en estado líquido como producto de la condensación del vapor³⁹. Si estos procesos no hubiesen ocurrido, posiblemente la Tierra tendría una atmósfera caliente parecida a la de Venus.

A partir de éstas condiciones, la Tierra iría transformándose poco a poco y las sustancias presentes se irían pegando o acoplando unas a otras para dar lugar a estructuras cada vez más -- complejas.

ORIGEN DE LA VIDA

La distancia de la Tierra al Sol, la capa de ozono⁴⁰, -- la presencia de agua en sus tres estados físicos, la composición de la atmósfera, la existencia de elementos vitales, la estructura sólida de la Tierra, las presiones, temperaturas y otro tipo de características importantes, hicieron posible que el tercer planeta del sistema solar se encontrara como un caso muy especial entre millones de planetas, ya que, a partir de gases inorgánicos, metales, -- iones y otras partículas, se formaron biomoléculas, estructuras biológicas y por último, células vivas.

Lorenzo Oken (1779-1851), propuso una teoría para explicar el origen de la vida, en la cual, se podía encontrar en cierta forma, una evolución gradual de los compuestos del carbono, sin em-

orgánicos sencillos, se distribuyeron en el espacio gracias al viento solar y a las explosiones de algunas estrellas. Este material volvería a reunirse y acumularse para ser utilizado en la formación de nuevos astros y planetas²⁸.

Estudios avanzados han demostrado que en las nebulosas⁴⁶ ^{47,48}, meteoritos^{44,49,50,51,52}, cometas^{53,54,55} y otros cuerpos astrales, -- tienen la presencia de varios elementos o compuestos orgánicos que se encuentran a temperaturas cercanas a 0°K.

Algunas de estas substancias están citadas en la tabla # 1⁵⁶.

Gracias a las aportaciones científicas de varios investigadores, Urey propuso una hipótesis que habla de la aparición de los distintos compuestos en la Tierra durante las distintas eras geológicas. La tabla # 2 resume su hipótesis⁵⁷.

Durante las distintas etapas de la formación de la Tierra, hubo muchos cambios en temperatura, presión y concentración de gases.

En ausencia de una capa de ozono, el planeta fué expuesto a las radiaciones U.V. y a los rayos cósmicos, fué bombardeado por meteoritos que no se destruyeron debido al tipo de atmósfera dominante.

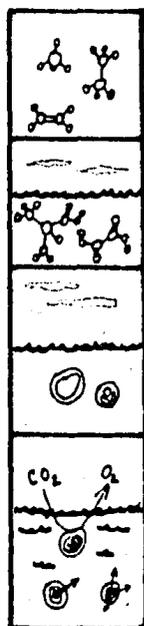
Los relámpagos, los volcanes en actividad y las radiaciones producidas por metales pesados, fueron factores importantes para la síntesis de compuestos orgánicos.

En la atmósfera, los volúmenes y presiones parciales -- que cada gas ejercía, cambiaron constantemente y en los mares, hubo modificaciones en la concentración de las sales disueltas y variaciones en el pH^{45,54,59}.

Aunque Oparin propuso en su obra una atmósfera primitiva de tipo reductor, existen muchas dudas acerca de la composición real de la misma, ya que, presiones altas de hidrógeno inhiben la síntesis de compuestos como purinas⁶⁰, pero éste gas en exceso, protege al amoníaco de la destrucción por la radiación U.V.⁶¹.

En 1924, Oparin pudo publicar la primera edición de "El Origen de la Vida" y en esta misma, no consideraba la posible ausencia de oxígeno atmosférico, pero en el año de 1936 corrigió sus hipótesis y propuso que la ausencia de oxígeno libre era un requisito indispensable para la formación de compuestos orgánicos precursores de los primeros y más sencillos sistemas biológicos⁴³, ya que, la presencia de éste gas oxidaría a las moléculas orgánicas hasta bióxido de carbono y agua debido a las altas temperaturas existentes⁴⁴.

La teoría Haldane - Oparin se puede resumir en cuatro pasos importantes⁴⁵:



1) Aparición de hidrocarburos, cianógenos y sus derivados en el medio interestelar y en la tierra primitiva.

2) Síntesis abiogénica de monómeros y polímeros en la tierra primitiva (formación de la "sopa primitiva").

3) Formación de sistemas poli-moleculares con separación de fase y capaces de interactuar con el medio ambiente. Aparición de los "protobiontes".

4) Evolución de los "protobiontes". Desarrollo del metabolismo y de estructuras moleculares y super moleculares a partir de la evolución pre-biológica. Aparición de los "eubiontes".

APARICION DE MOLECULAS SIMPLES

Durante la formación de las galaxias, aparecieron los primeros elementos químicos, sintetizados por fusión nuclear a partir del gas interestelar. Posteriormente, los elementos se combinaron a medida de que las condiciones eran óptimas, mediante el bombardeo continuo de las radiaciones cósmicas y las ondas de compresión producidas por las super-novas.

Los elementos, las moléculas simples y los compuestos -

orgánicos sencillos, se distribuyeron en el espacio gracias al viento solar y a las explosiones de algunas estrellas. Este material volvería a reunirse y acumularse para ser utilizado en la formación de nuevos astros y planetas²⁸.

Estudios avanzados han demostrado que en las nebulosas⁴⁶ ^{47,48}, meteoritos^{44,49,50,51,52}, cometas^{53,54,55} y otros cuerpos astrales, -- tienen la presencia de varios elementos o compuestos orgánicos que se encuentran a temperaturas cercanas a 0°K.

Algunas de estas substancias están citadas en la tabla # 1⁵⁶.

Gracias a las aportaciones científicas de varios investigadores, Urey propuso una hipótesis que habla de la aparición de los distintos compuestos en la Tierra durante las distintas eras geológicas. La tabla # 2 resume su hipótesis⁵⁷.

Durante las distintas etapas de la formación de la Tierra, hubo muchos cambios en temperatura, presión y concentración de gases.

En ausencia de una capa de ozono, el planeta fué expuesto a las radiaciones U.V. y a los rayos cósmicos, fué bombardeado por meteoritos que no se destruyeron debido al tipo de atmósfera dominante.

Los relámpagos, los volcanes en actividad y las radiaciones producidas por metales pesados, fueron factores importantes para la síntesis de compuestos orgánicos.

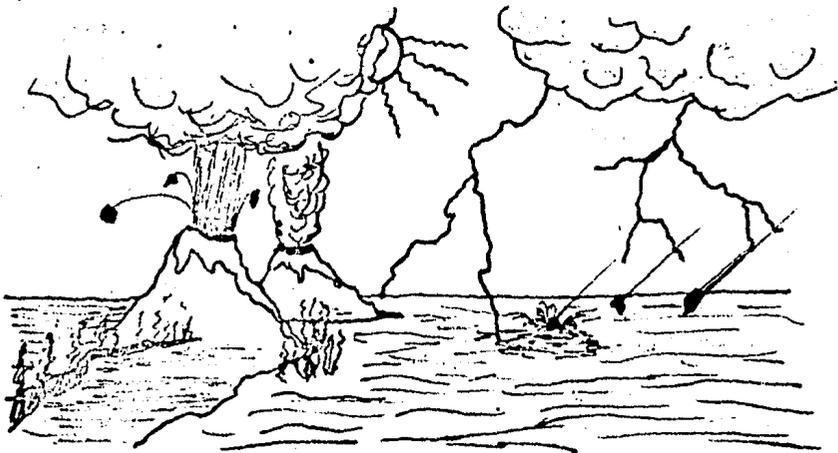
En la atmósfera, los volúmenes y presiones parciales -- que cada gas ejercía, cambiaron constantemente y en los mares, hubo modificaciones en la concentración de las sales disueltas y variaciones en el pH^{45,54,59}.

Aunque Oparin propuso en su obra una atmósfera primitiva de tipo reductor, existen muchas dudas acerca de la composición real de la misma, ya que, presiones altas de hidrógeno inhiben la síntesis de compuestos como purinas⁶⁰, pero éste gas en exceso, protege al amoníaco de la destrucción por la radiación U.V.⁶¹.

Se sabe que el amoníaco puede existir a bajas temperaturas, pero se descompone fácilmente por la acción fotoquímica del sol^{65,62,63}, pero de no haber existido amoníaco en la atmósfera primitiva, las probabilidades de producir amino ácidos y bases nitrogenadas a partir de nitrógeno molecular, serían escasas^{64,65}, aunque algunos investigadores han logrado sintetizarlos bajo condiciones abióticas especiales^{62,66}. También se ha podido demostrar la reducción fotoquímica del nitrógeno mediante catalizadores inorgánicos⁶⁷. -- Otros autores sugieren la presencia de cianógeno gaseoso atmosférico⁶⁸ e incluso de oxígeno⁶⁹, aunque éste gas debió combinarse rápidamente para formar óxidos (de silicio) o agua⁷⁰.

Como ya se ha mencionado, la tierra sufrió muchos cambios físico-químicos durante millones de años, esto hace suponer -- que en un principio la atmósfera contenía gran cantidad de hidrógeno y cantidades regulares de metano, amoníaco y agua. Posteriormente la tierra perdió la mayor parte del hidrógeno debido al viento solar y a la escasa gravedad del planeta. Después de millones de años se incrementó la presencia de nitrógeno, monóxido de carbono, bióxido de carbono, agua y ácido sulfhídrico gracias a la actividad volcánica, y finalmente aparecieron en mayor porcentaje el oxígeno y el nitrógeno cuando surgieron organismos vivos.

Los fenómenos físicos de la tierra primitiva actuaron -- de distinta manera sobre éstos gases, dando origen a moléculas más complejas.



FORMACION DE LA "SOPA PRIMITIVA"

Al transcurrir los siglos, se formaron azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, compuestos aromáticos, bases púricas, bases pirimídicas y moléculas que atraparon la energía solar para transformarla en energía química, tal es el caso de algunos compuestos con triple ligadura^{71,72} y el ATP.

Estos compuestos estuvieron en solución, contenidos en las vastas aguas de los océanos primitivos, a lo que Haldane llamó "sopa primitiva"⁷³.

Si la teoría de Oparin era correcta, se tenía que demostrar con hechos experimentales éstos sucesos.

A principios de siglo, ya se habían hecho los primeros intentos por sintetizar algunos compuestos orgánicos a partir de moléculas inorgánicas, como lo demuestra la tabla #3⁷⁴.

Se han podido sintetizar, de distintas mezclas de gases, alcoholes, aldehidos, ácidos carboxílicos, aminas y acetona^{75,76,77}, pero se debe fundamentalmente a Miller y Urey en el año de 1953, el desarrollo de experimentos para la síntesis abiótica de compuestos orgánicos tratando de reproducir las condiciones ambientales de la atmósfera primitiva^{78,79,80,81,82,83}.

Estos investigadores diseñaron un aparato en el cual introdujeron amoníaco, hidrógeno y metano. Calentaron agua, y al conjunto de gases lo hicieron pasar por una chispa eléctrica. Mantuvieron la mezcla en reflujo constante y al término del experimento, -- después de varios días de trabajo, se podía observar un líquido rojizo dentro del aparato, en el cual se identificaron algunos aminoácidos y otros compuestos orgánicos⁸⁴. Desgraciadamente con éste método no se han podido obtener proteínas o compuestos de peso molecular más elevado^{16, 85}.

A partir de éste experimento, varios científicos entre los cuales se encuentran Harada, Fox, Ponnampertuma, Calvin, Oró y otros más, han sintetizado por diferentes métodos, pero en condicio

nes abióticas, azúcares ^{86,87,88}, aminoácidos ^{10,78,79,80,81,82,83,89,90,91,92,93,94,95,}
bases púricas y pirimídicas ^{10,60,88,96,97,98,99,100,101,102,103.}, utilizando como
materias primas hidrógeno, metano, monóxido de carbono, bióxido de
carbono, amoníaco, ácido sulfhídrico, ácido cianhídrico, cianamida
y otras.

Estos compuestos orgánicos y muchos otros más se han po
dido obtener utilizando como fuente de energía: descargas eléctri--
cas ^{66,80,81,82,88,104,105}, radiación ionizante ^{94,95,106,107,108}, radiación U.V. ^{74,}
^{77,83,109,110}, energía térmica ^{92,93,111,112} y se ha comprobado la presencia
de estructuras complejas en cenizas volcánicas ^{113,114}.

Estos experimentos, han demostrado que la génesis de mo--
nómeros biológicos, es posible de acuerdo a la teoría de Oparin.

FORMACION DE MACRO-MOLECULAS Y MICRO-AGREGADOS

Posteriormente, éstos compuestos se combinaron unos con
otros para dar lugar a moléculas muy especiales. Aparecieron porfi--
rinas ¹⁰⁵ y metaloporfirinas, que pudieron actuar como catalizadores
orgánicos más poderosos que los metales nativos por sí solos.

El fósforo se encontró principalmente como fosfato ¹¹⁵ y
al fosforilar compuestos orgánicos ¹¹⁶ les dió la capacidad de rete--
ner y donar energía química. Es posible que los fosfatos se hubie--
sen podido combinar con la adenosina para producir así AMP ¹⁰⁴ y pos--
teriormente ATP ¹¹⁷ como lo demuestran estudios recientes. Además --
aparecieron nucleótidos de distinta naturaleza ¹¹⁸ precursores del có
digo genético.

Los catalizadores orgánicos, moléculas con triple liga--
dura y moléculas como el ATP, fueron básicas para la síntesis de --
nuevos compuestos en un proceso "evolutivo" cada vez más acelerado.

Así pues, en los mares primitivos se fueron acumulando
miles de millones de biomoléculas, pero el pensar que éstas se - -
unieron por sí solas para formar proteínas, carbohidratos y ácidos
nucléicos, es como pensar en colocar un reloj completamente desarma--
do dentro de una bolsa, agitando sus piezas constantemente hasta --
formar un reloj que trabaje correctamente.

¿Qué pudo ocurrir? Evidentemente en ese período fueron necesarios compuestos que, acumulando cierta energía solar, unieron varios monómeros para transformarlos en bio-polímeros, quizá con la ayuda de catalizadores o de algunas arcillas.

Evidentemente, solo las especies químicas que resistieron las condiciones atmosféricas reinantes, pudieron acumularse en mayores cantidades, pero al cambiar éstas, volvieron a seleccionarse los compuestos más estables, dando lugar, poco a poco, a una evolución gradual y constante de las sustancias antecesoras a la primera célula viva.

*Forma en que Mafalda podría contemplar el problema del origen de la vida.



*dibujos basados en las tiras cómicas de QUINO

Algunos estudios han demostrado que es posible obtener péptidos pequeños^{119,120,121}, oligopéptidos¹²², oligodesoxiribonucleótidos¹²³ y polipéptidos^{124,125,126}, en condiciones abióticas.

Durante la "evolución química" todos éstos compuestos se fueron sintetizando y almacenando al mismo tiempo en forma independiente¹²⁷, pero existen aún en la actualidad muchas interrogantes que no se han podido aclarar.

Los aminoácidos presentes en las proteínas y con función biológica son de la serie "L" y los carbohidratos son de la serie "D". ¿Qué condiciones seleccionaron de las mezclas racémicas a éstos compuestos?

Se sabe que las radiaciones ionizantes bombardearon a la tierra constantemente. Algunos trabajos demuestran que al irradiar "L" o "D" aminoácidos se producen mezclas racémicas¹²⁸, por lo que es lógico suponer que existieran éstas y no una selección de números en esas condiciones. Al parecer, el agua debió de actuar como un filtro de selección¹²⁹, pero ésta gran interrogante aún no se ha podido aclarar.

Aunque en los océanos primitivos estaban presentes millones de moléculas orgánicas, la posibilidad de que unas interactuaran con otras era muy escasa. De algún modo, hubo una concentración de éstas moléculas, ya sea en el mar o en la tierra. Se piensa que de algún modo las charcas o los lagos se evaporaron parcialmente para concentrar las sales y sustancias presentes¹³⁰.

Por otro lado, se propone la aparición de estructuras muy complejas que permitieron el paso de algunos compuestos, concentrándolos así en su interior.

Oparin dice en su obra que después de haber aparecido micro y macromoléculas, éstas interactuaron entre sí formando agregados que dieron lugar a sistemas pre-biológicos más complejos, pero que no pueden considerarse como sistemas celulares.

Los coacervados^{15, 131}, las micro-esferas proteínoides^{16, 132, 133, 134}, los sulfobios, los colpoides¹⁵ y liposomas¹³⁵ son modelos que tratan de explicar ésta hipótesis, pero que de ningún modo se asegura que existieron.

Las estructuras pre-celulares acumularon sustancias en su interior y llevaron a cabo reacciones básicas de condensación, óxido-reducción y fotosíntesis primaria⁷². Se sintetizaron en su interior muchas moléculas, pero solo algunas por algún mecanismo de selección "sobrevivieron" a los cambios bruscos de presión, temperatura, concentración de sales y pH.

El paso de estructuras pre-celulares al primer ser vivo capaz de reproducirse, es tan complicado y complejo que hasta ahora

no se ha podido lograr por métodos experimentales.

En la década de los setentas, se realizaron trabajos que confirmaron la aparición de estructuras simples que podrían ser antecesoras de estructuras y organelos celulares actuales. Además, se pueden agregar los estudios confirmativos de las investigaciones paleobiológicas y paleobioquímicas de yacimientos de rocas precámbricas^{10, 11, 137}, en las cuales se encuentran fósiles muy antiguos¹³⁸.

Al aparecer el primer organismo "vivo", el proceso de la evolución se aceleró considerablemente. Al contar con una maquinaria primitiva de autoreplicación y un mar rico en nutrientes, se re produjo rápidamente sufriendo cambios y mutaciones. Gracias al proceso de la fotosíntesis, la atmósfera anoxigénica se transformó poco a poco en una de tipo oxidante, dando origen así, al escudo de ozono que protege a la tierra de la entrada de los rayos ultravioleta de onda corta y alta frecuencia.

Poco a poco fueron apareciendo nuevos organismos unicelulares; primero procariotes, luego eucariotes, después se unieron y formaron agregados pluricelulares para dar origen a los organismos acuáticos, peces, reptiles, mamíferos y por último al Hombre, aunque el registro de fósiles revela con frecuencia una pauta de brechas evolutivas, en vez de los cambios graduales que describió Darwin. A pesar de que la evolución biológica es virtualmente una certeza, hoy en día la ciencia ataca por todos lados la "selección natural" proponiendo los siguientes puntos¹³⁹:

.)Las leyes físicas y químicas (y no las mutaciones genéticas fortuitas) gobiernan la creación de las formas biológicas.

.)Aunque Darwin creyó que la evolución era un proceso gradual, las leyes matemáticas sugieren que pueden ocurrir grandes transformaciones, de manera súbita.

.)El medio es fundamental para la evolución y, sobre to

do, para su ritmo. (Esto difiere de la teoría darviniana, la cual postula que el medio sólo elimina las mutaciones genéticas menos aptas.)

.)La evolución en gran escala no es una acumulación de muchos pequeños cambios evolutivos, provocados por la intensa presión selectiva sobre poblaciones muy grandes. En realidad, ocurre al mismo tiempo que los graves cataclismos en el medio, seguidos de una menor presión poblacionaria.

Ya sea que la teoría de Darwin ^{140,141} esté correcta o no, -- las nuevas especies se han adaptado al medio en que viven, aunque en ocasiones el Hombre lo ha podido transformar, a su conveniencia. Pero las perspectivas del Ser humano no se han estancado allí, ya que en los últimos años ha trabajado con bacterias para introducirles segmentos de DNA ajenos a su estructura original, realizandose así, un sueño que parecía imposible de lograr ^{142,143,144}.

Gracias a la Ingeniería Genética y a las técnicas modernas de cultivo de tejidos ^{145,146,147} se han podido obtener organismos vivos con características distintas a los organismos originales. En éste caso, ya no son la naturaleza y el medio ambiente los que transforman a los organismos, sino que ahora es también el Hombre que no ha desistido en el propósito de conocer los secretos de la vida y de su verdadero origen.

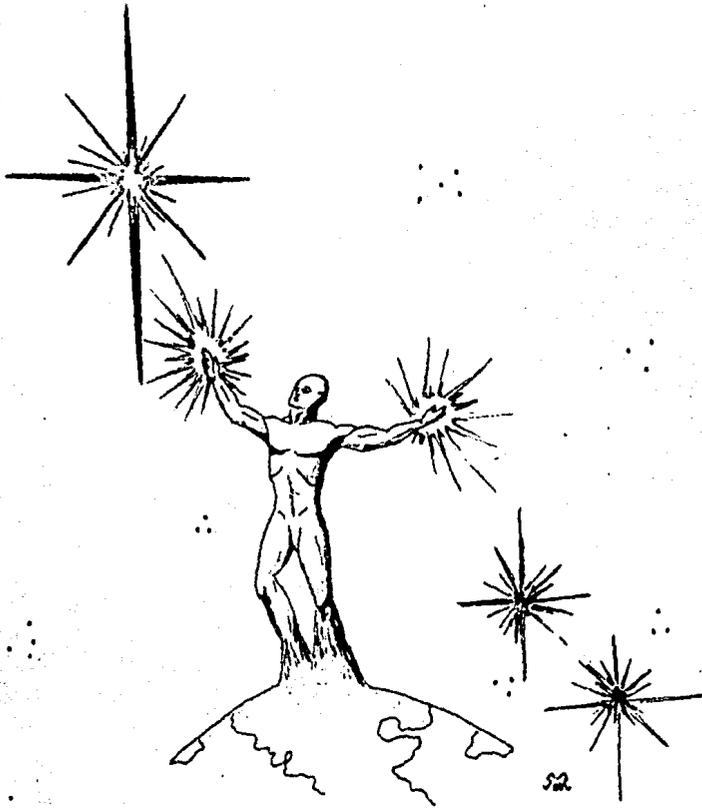
Algún día, nuevas hipótesis comprobadas con datos experimentales, le darán la respuesta. ¹⁴⁸.

"...Y así, el séptimo día descansó de todo el trabajo que había hecho y bendijo este último día, declarándolo santo".

Gen. 2, 2-3

CAPITULO II

ORIGEN DE LOS ELEMENTOS



© LOS PRIMEROS ELEMENTOS QUIMICOS



LAS PRIMERAS MOLECULAS SIMPLES

CAPITULO II

ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

*"Desde el origen del Universo,
hasta nuestros días...*

...todo ha sido Química."

Alicia Benitez 1982



s difícil citar con exactitud el origen del universo, ya que se podría caer en errores graves al basarse en datos de los cuales no se tienen pruebas y que solo son meras hipótesis. Otro problema es, sin duda alguna, plantear una teoría coherente para explicar con exactitud cuál - fué el verdadero origen de la tierra y de las moléculas, que a través de los siglos dieron principio a la vida.

La mayoría de los experimentos en este campo, han ido encaminados a demostrar que ciertos tipos de moléculas pudieron haberse originado por medios naturales bajo las condiciones primitivas, otra cuestión es, por supuesto, probar que las reacciones demostradas de este modo fueron importantes para la "evolución molecular", máxime cuando aún no se conoce con certeza la composición exacta de la atmósfera y demás condiciones ambientales de los tiempos primitivos ¹⁴⁹.

Gracias a las contribuciones experimentales de los investigadores citados en el capítulo anterior y en la bibliografía, se puede tener una idea de cómo se han ido originando las sustancias químicas a partir de elementos simples, hasta llegar a formar moléculas complejas como el ADN.

Así pues, he aquí una síntesis de los experimentos y reacciones más importantes que se han encontrado en el universo, que se han realizado en el laboratorio o que se proponen para apoyar la teoría del origen de la vida, explicando así, con bases cien

tíficas, "La Evolución Molecular Abiótica".

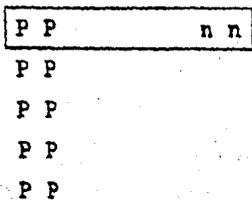
LOS PRIMEROS ELEMENTOS QUIMICOS

Es posible que antes de la formación del universo no hu biese luz, ni calor... Solamente existían partículas sub-atómicas de materia y anti-materia, que debido a las leyes gravitacionales se fueron atrayendo poco a poco ^{22,150}.

En el momento en que entraron en contacto estas partícu las, sobrevino una gigantesca explosión que alcanzó 1.5×10^{10} K .

Los electrones chocaron con los protones para producir algunos neutrones y así, las tres partículas(junto con otras más) - se alejaron rápidamente para enfriarse hasta 1.5×10^9 K.

En ese instante la proporción de protones con respecto a la de neutrones fué de 5:1 . Dos protones se unieron a dos neu-- trones para producir un átomo de helio por ocho de hidrógeno:



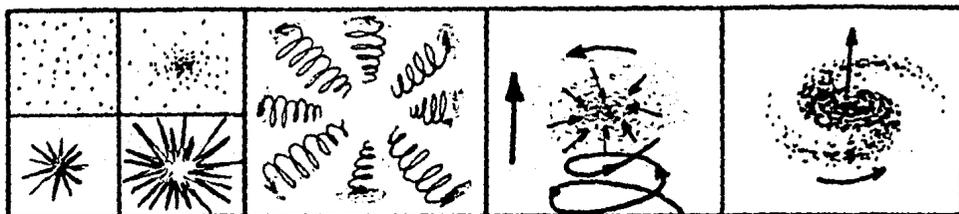
Según la teoría de la gran explosión, al bajar la tempe ratura a 3×10^9 K , el universo se llenó de los siguientes elemen tos: H , He , D y He²¹.

A ciencia cierta no se conoce qué partícula fué la pri- mera en estar presente en el cosmos, pero lo que sí se sabe es que el hidrógeno es el elemento más abundante y principal componente -- del gas interestelar.

El origen de los compuestos químicos, se puede resumir en cuatro grandes pasos:

- 1) Nucleosíntesis de H, He y D durante los primeros minutos de la gran explosión.
- 2) Nucleosíntesis de elementos más pesados en el interior de las estrellas.
- 3) Síntesis de moléculas en las nebulosas.
- 4) Síntesis de macromoléculas en planetas.

En el momento de la gran explosión, varios fenómenos --ocurrieron al mismo tiempo. Por un lado, las partículas sub-atómicas salieron disparadas en todas direcciones y al bajar la temperatura, se unieron para formar hidrógeno y helio principalmente, pero también estos átomos se volvieron a juntar en ciertas regiones del universo para dar lugar a las galaxias como lo demuestra el siguiente esquema:



Si se colocan dos cuerpos en el espacio, éstos se atraerán debido a las fuerzas gravitacionales que ejercen uno con respecto al otro, por lo tanto, se piensa que el gas interestelar se ha ido acumulando en ciertos lugares del cosmos para dar lugar a las nebulosas, las cuales son más densas en su interior, lo que va provocando poco a poco un aumento de presión en el centro de las mismas y se puede decir que, a medida que un cuerpo caliente contiene más cantidad de materia, mayor es la atracción gravitatoria hacia su --centro¹⁵.

Conforme crece la presión dentro de la nebulosa, aumen-

ta la temperatura de la misma y los átomos comienzan a chocar unos contra otros para dar lugar a reacciones de fusión.

Al parecer, el universo estaba condenado a no poder producir átomos más pesados que el helio, ya que las condiciones físico químicas reinantes durante los primeros minutos de la gran explosión no lo permitirían pues solo se formarían isótopos inestables de algunos elementos.

Al irse enfriando el gas en expansión, se comenzó a contraer en ciertas regiones debido a las fuerzas gravitacionales existentes. Estas enormes nebulosas, al comprimirse, generaron un número mayor de estrellas en sus centros, formando así a las galaxias. Cada sol se fabricó por separado a partir de una "pequeña" porción de esas nebulosas ¹⁵².

En el instante en que se comprimieron las nubes de gas, los átomos de hidrógeno y deuterio existentes, chocaron entre sí y comenzaron a formarse elementos más pesados.

Para iniciar la fusión atómica gran cantidad de energía calorífica, proporcionada inicialmente por las altas presiones existentes dentro del núcleo de las nebulosas.

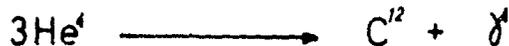


Los núcleos atómicos al alcanzar suficiente energía cinética para vencer las repulsiones de sus cargas positivas, entran en contacto, se interpenetran y producen una reacción termonuclear que engendra núcleos más pesados, desprendiéndose en este proceso una gran cantidad de energía calorífica por unidad de número de masa.

De esta forma, por ejemplo, cuatro núcleos de hidrógeno

se fusionan en un núcleo de helio. La masa de éste núcleo es un poco más pequeña que la de los cuatro núcleos de hidrógeno y esta diferencia de masa se convierte en energía ($E=mc^2$) permitiendo que la estrella brille por un período prolongado¹⁵³.

A temperaturas más altas, tres núcleos de helio pueden fusionarse en un núcleo de carbón (proceso triple-alfa) que es más improbable pero el producto formado es más estable:



Esta energía es utilizada para provocar más fusiones y elevar aún más la temperatura, hasta producir una masa condensada, un núcleo brillante, es decir, una estrella.

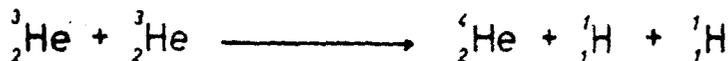
Algo parecido sucede cuando se quema una cinta de magnesio, inicialmente se suministra energía al sistema, pero una vez que el metal alcanza cierta temperatura, se enciende para formar óxido de magnesio, liberando gran cantidad de energía. La reacción llegará a su fin, cuando ya no exista metal suficiente para poderse combinar con el oxígeno.

Pero la fusión atómica no es una reacción que se pueda explicar en un solo paso, ya que se trata de un mecanismo complejo en el cual se unen átomos ligeros para dar como resultado, átomos más pesados¹⁵⁴.

Durante este mecanismo, no solo la naturaleza de los elementos cambia, sino que también existe una transformación en la composición de las partículas sub-atómicas, ya que se tiene la hipótesis de que en ciertas condiciones, el electrón se precipita hacia el núcleo de los átomos y al pegarse a un protón lo neutraliza para formar una asociación protón(+) electrón(-) con carga neutra que se conoce con el nombre de neutrón¹⁵⁵.

Estas reacciones denominadas termonucleares, dependen de altas temperaturas para su iniciación y su sostenimiento, sin embargo, las reacciones de fusión son exotérmicas y de éstas, las más conocidas son las provocadas por el hidrógeno de la siguiente -

manera ¹⁵⁶

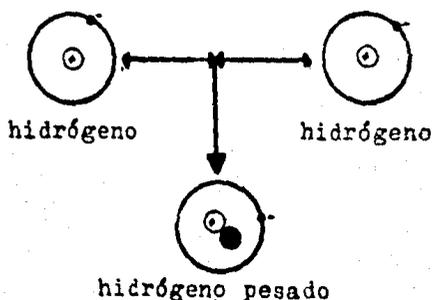


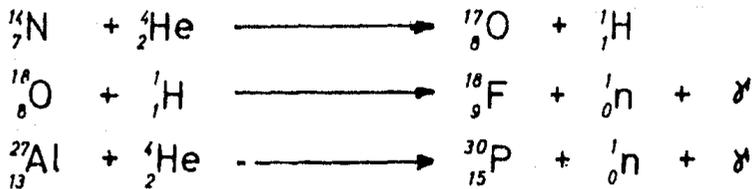
Observaciones astronómicas han comprobado que este tipo de reacciones ocurren en la mayoría de las estrellas alcanzando temperaturas que van de $6 \times 10^8 \text{ K}$ en la capa inversora, hasta $15 \times 10^8 \text{ K}$ o más en el núcleo, dependiendo del tipo de estrella o de las reacciones que en ella se desarrollen ^{157, 158}.

En la Vía Láctea existen estrellas jóvenes que ionizan el gas que las rodea hasta una distancia de varios años luz, creando así, nebulosas calientes ($10 \times 10^8 \text{ K}$), aunque gran parte de este gas se encuentra a temperaturas cercanas a 10^4 K ¹⁵⁹.

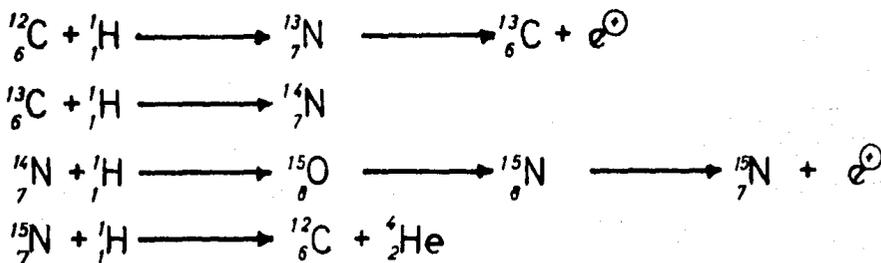
Durante las reacciones producidas por colisiones atómicas que dan lugar a la nucleosíntesis de elementos diferentes, también se producen isótopos de los distintos elementos, ya que a determinadas temperaturas son más estables y éstos a su vez, pueden fusionarse con otros elementos ¹⁶⁰.

A continuación se muestra un esquema de la fusión atómica para la síntesis de helio y deuterio:

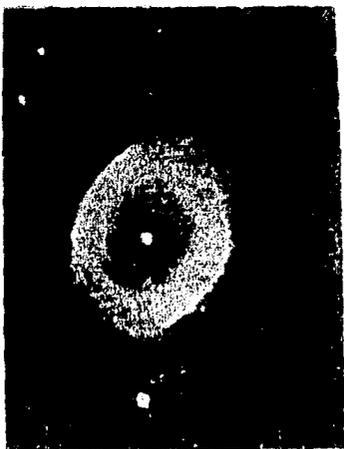




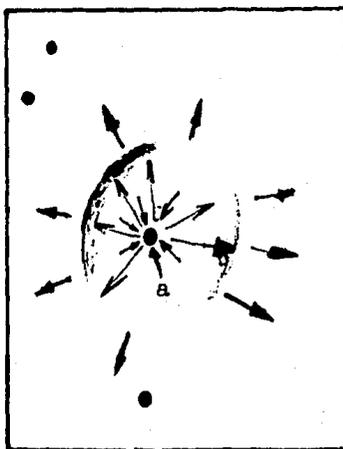
La mayoría de las estrellas desprenden energía por fusión de sus átomos de hidrógeno, otras en cambio, lo hacen siguiendo el ciclo del carbono¹⁵⁶ :



Pero ya sea de una u otra manera, van apareciendo elementos nuevos y éstos, entre más pesados son, producen reacciones termonucleares más violentas, equivalentes al estallido de miles de millones de bombas atómicas, de manera que conducen a las estrellas a un estado inestable y terminan por explotar^{163,164}.



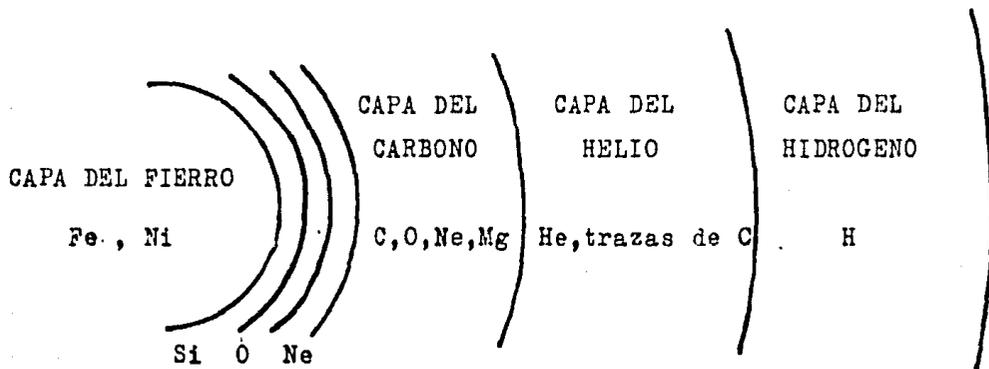
estrella y nebulosa



a=implosión, o explosión

Durante estas explosiones, gran parte de material sale disparado hacia el exterior, pero también se produce una compresión de los elementos más pesados hacia el interior de las mismas, produciendo astros de mayor densidad.

Se cree que la estructura de una super-nova antes de explotar es la siguiente³⁰:

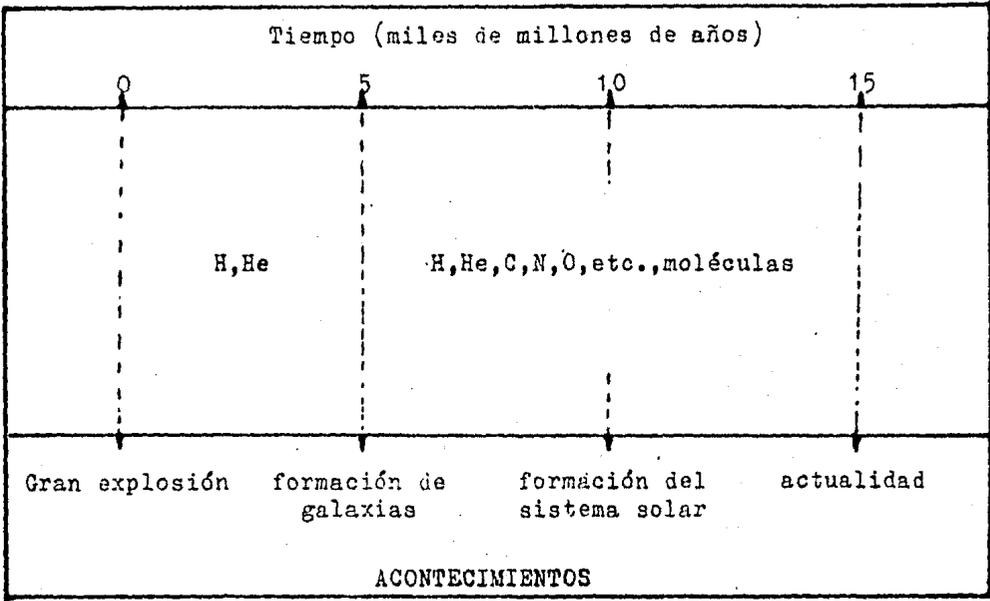


Si se observa detenidamente el esquema anterior, se podrá notar que los elementos más pesados se van alojando en el centro³⁰, en tanto que los más ligeros se encuentran en el exterior.

Para que las estrellas influyan en la evolución química no basta considerar la transmutación (en el interior de las mismas) de los elementos más ligeros en otros más pesados. Otros dos procesos adicionales se deben de tomar en cuenta: en primer lugar, hay que considerar que parte del material procesado es expulsado a través de un viento estelar continuo o bien, en forma de una gran explosión¹⁵³.

Durante estos grandes estallidos, la materia se difunde por el espacio y es susceptible de organizarse nuevamente en estrellas, cometas, nubes de materia interestelar o planetas factibles a "evolucionar". En segundo lugar, debe considerarse la escala de tiempo de la evolución estelar^{153, 165}.

El esquema que se presenta a continuación, ofrece una idea de la composición química en distintos periodos de la evolución del universo, en tanto que la tabla #4 resume algunas de las reacciones más importantes de la nucleosíntesis de las estrellas³⁰.



Otro factor importante que se debe considerar durante las explosiones producidas por super-novas, es la onda de choque -- que comprime el material que antecede al estallido.

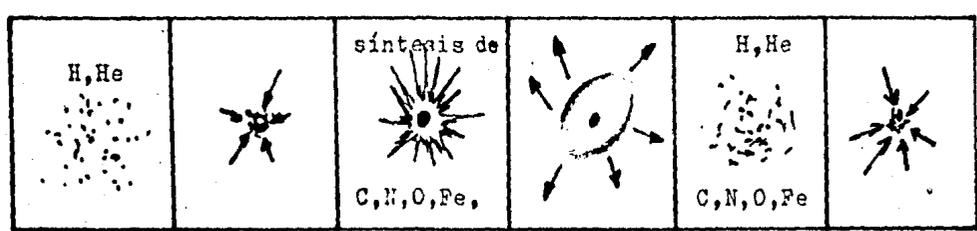
Las primeras nebulosas existentes en el universo se contrajeron por si mismas debido a las fuerzas gravitacionales, pero al formarse las estrellas y explotar después de millones de años, éstas enriquecieron el cosmos con elementos cada vez más pesados, los cuales, fueron a su vez comprimidos por las ondas de choque de otras - estrellas cercanas.

Se piensa que en el interior de las galaxias existen -- elementos pesados en mayor proporción, quedando en la periferia de las mismas, los elementos más ligeros. Esto permitiría explicar la fuerza de gravedad que ejercen estos cúmulos de estrellas hacia su centro.

Estudios recientes hacen pensar que posiblemente un agujero negro sea el cuerpo que mantenga reunidos a todos estos astros, evitando así, que se dispersen por todo el universo ¹⁵⁹.

Al comprimirse en pequeños gránulos algunos elementos -

tales como el carbono y el silicio, han formado en el espacio lo que se conoce como polvo interestelar. Este polvo y el gas interestelares, son continuamente prensados por las ondas de choque de las super-novas (más frecuentemente en el centro de las galaxias) o por -compresión gravitacional, produciendo cuerpos celestes ricos en materiales cada vez más pesados.



De acuerdo a los datos anteriores, se puede pensar que los elementos de la tabla periódica (ver tabla # 5) fueron apareciendo poco a poco, formándose primero los más ligeros y éstos dieron lugar posteriormente, a los elementos más pesados. El hierro y el níquel han sido componentes de planetas de tipo terrestre ¹⁶⁶.

Tablas comparativas indican los porcentajes de algunos elementos en estrellas y en la tierra ¹⁶⁷ :

ESTRELLAS		TIERRA	
H	87.0	Fe	67.0
He	12.9	O	12.0
O	0.025	Si	7.0
N	0.020	Ni	4.0
C	0.01	otros	10.0
Mg	0.003		
Si	0.002		
Fe	0.001		
S	0.001		
otros	0.038		

Desde el punto de vista químico, se puede decir que la tierra está más "evolucionada" que el sol o planetas exteriores.

En el principio de los tiempos, es muy posible que todas las nebulosas estuvieran formadas de hidrógeno y helio exclusivamente, pero cuando aparecieron las primeras estrellas y explotaron, adicionaron elementos más pesados al medio que las rodeaba. Posteriormente el gas y el polvo interestelares se volvieron a comprimir con elementos tales como carbón, silicio, fierro y otros, produciendo -cuerpos celestes y estrellas más pesadas. Al explotar éstas, agregaron mayor cantidad de elementos distintos al hidrógeno y al helio a las nebulosas vecinas.

Es muy posible que la nebulosa en que se formó el sistema solar, ya hubiese contenido la mayor parte de los elementos de -la tabla periódica.

Al irse comprimiendo poco a poco esta nube, la mayor -- cantidad de material (hidrógeno y helio principalmente) se fué hacia el centro formando una gigantesca masa que comenzó a atraer con mayor fuerza a los átomos pesados, dejando en la periferia a los elementos más ligeros.¹⁶⁹

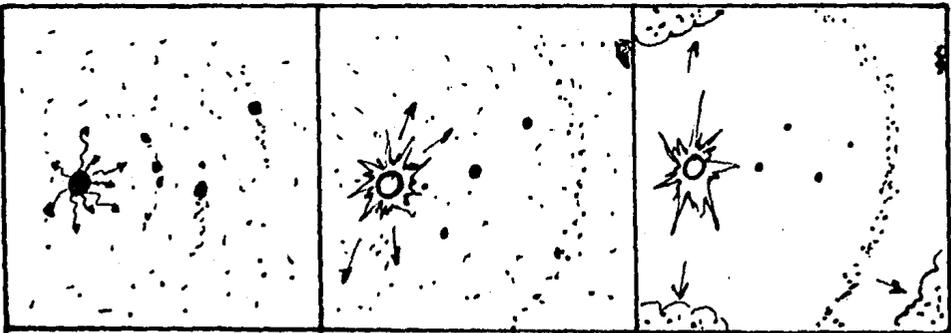
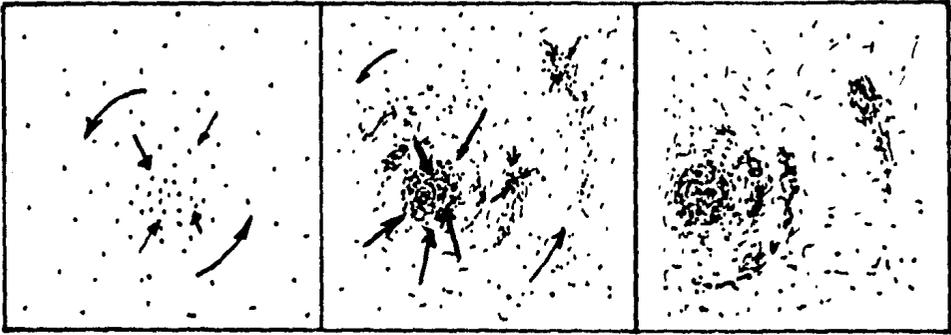
Posiblemente la onda de choque de una super-nova cercana, comprimió aquella gran masa que se había aglutinado transformando su energía cinética y potencial, en energía calorífica.

Las partículas formadas por materiales pesados se fundieron y dieron lugar a cuerpos más voluminosos llamados planetesimales, los cuales se fueron uniendo unos con otros para formar planetas de tipo terrestre.

En el exterior de la nebulosa quedaron en mayor proporción los elementos ligeros que también se comprimieron para formar planetas menos densos aunque de proporciones más grandes.¹⁶⁹

El sol, al producir reacciones de fusión debido a la -- compresión, empezó a emitir energía y viento solar, con lo que mandó hacia el exterior de la nebulosa, a los elementos y compuestos -que no habían sido retenidos por los planetas (en su mayoría hidró-

geno), limpiándose así el sistema solar del exceso de gases.



LAS PRIMERAS MOLECULAS SIMPLES

Formados ya los primeros elementos, éstos se unieron entre sí para fabricar moléculas con distintos tipos de enlace, dependiendo de sus características físico-químicas.

Al irse enfriando el gas o los cuerpos calientes, se incrementó la formación de moléculas, ya que a temperaturas tan altas como las existentes en el sol, es imposible una unión química estable. Muchas de estas moléculas han quedado dispersas en el universo a bajas presiones y a temperaturas cercanas a 0°K o bien, atrapadas en las atmósferas de algunos planetas.

Debido al exceso de hidrógeno en el cosmos, las primeras moléculas que aparecieron debieron ser CH_4 , NH_3 y H_2O . Estas al ser bombardeadas por radiaciones ionizantes, al estar en contacto con átomos de metales que actuaron como catalizadores, al estar sometidas a las ondas de choque y a las temperaturas altas causadas por estrellas en explosión, se combinaron entre sí para formar compuestos orgánicos más grandes o quedaron como iones positivos susceptibles a poderse combinar posteriormente (ver tabla # 1). La nebulosa en la cuál se formó el sistema solar, debió de estar cargada de estas moléculas.

Los planetesimales arrastraron muchos de estos gases, los cuales quedaron atrapados entre las partículas metálicas de los mismos o formando parte de la atmósfera de los proto-planetas. La tierra, en este período de su formación ya había perdido una proporción considerable de su contenido original de hidrógeno y helio debido a la escasa gravedad (en comparación con los planetas gigantes) y al viento solar que limpiaba constantemente al sistema planetario. El agua, el amoníaco y algunos hidrocarburos, solo se volatilizaron parcialmente.

Ya sea por una onda de choque o por sí misma, la tierra sufrió una compresión, la cuál generó altas temperaturas haciendo posible que la mayor parte de los gases salieran del interior del

planeta provocando que las concentraciones de níquel, hierro y otros materiales pesados y radiactivos aumentaran en el núcleo. El nitrógeno adoptó la forma de nitruros metálicos y de sales amoniacaes. Entre los compuestos de carbono que fueron retenidos, los más estables estuvieron representados por el carburo de hierro y el grafito.

Durante la etapa final de la formación de la tierra, la atmósfera contenía solo un pequeño volumen residual de hidrógeno -- (en comparación con la cantidad inicial), pero fué el suficiente -- como para provocar una atmósfera de carácter reductor, ya que a concentraciones altas de este gas, las formas moléculares más probables de carbón, nitrógeno, oxígeno y azufre son el metano, el amoníaco, el agua y el ácido sulfhídrico respectivamente.

En este periodo, la tierra continuó perdiendo hidrógeno, el cual se volatilizaba ininterrumpidamente hacia el espacio interplanetario. Únicamente mediante la posesión de una gran masa o de una temperatura muy baja, puede un planeta retener todo su hidrógeno como en el caso de Júpiter. La tierra debió también de contener -- gran cantidad de metales en estado nativo que actuaron de manera muy distinta a sus óxidos correspondientes.

La tabla # 6 indica la composición química más probable de la atmósfera terrestre en tres etapas geológicas¹⁶⁸.

Sería imposible mencionar las propiedades físico-químicas y condiciones de formación de todas las moléculas simples que se han sintetizado en el universo, sin embargo se citarán algunas de estas propiedades, reacciones y condiciones de obtención de las moléculas que se pueden considerar más importantes durante la formación de la tierra, ya que fueron precursoras de moléculas más complejas.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que las reacciones aquí presentadas, pudieron llevarse a cabo en cualquier parte del universo, pero se citará a la tierra en particular como un modelo para explicar el origen de moléculas simples y complejas.

Antes de mencionar la posible génesis de estas moléculas en la tierra, es muy importante considerar que la tierra primitiva no fué totalmente homogénea, ya que dependiendo de la zona o el lugar que se tratase, se encontraría una determinada concentración de gases y de elementos o metales, sometidos a distintas presiones y temperaturas, además, no debe descartarse la posibilidad de que estas moléculas hubiesen sido atrapadas directamente de la nebulosa en la que se formaron los planetas.

ORIGEN DEL HIDROGENO

Como ya se ha mencionado, el hidrógeno debió de estar presente en grandes cantidades en la atmósfera primitiva como producto de la gran explosión, pero también se formó de la descomposición del agua o de otros materiales en determinadas circunstancias (ver más adelante).

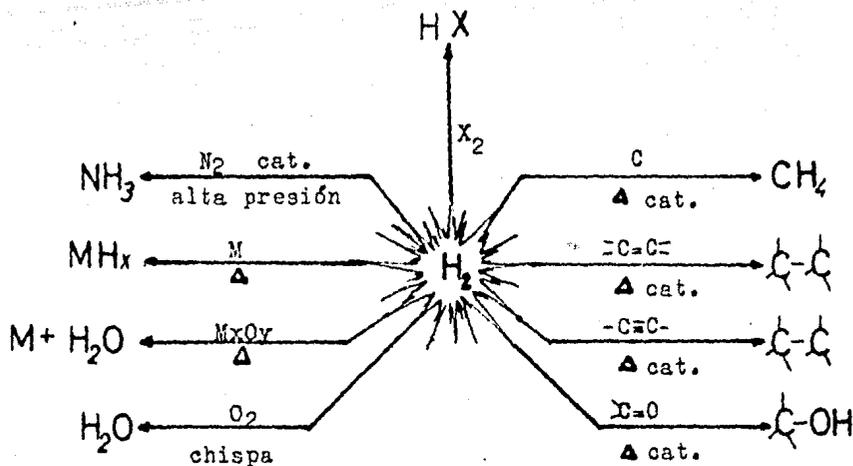
Por la gran importancia que representa este elemento, se citan algunas de sus propiedades:

SIMBOLO:	H	
FORMULA:	H ₂	
PESO		
ATOMICO:	1.008	GAS INCOLORO
NUMERO		=(0°C, 1 atm.) 0.08987 g/l
ATOMICO:	1	P.e.--252.78°C
CONFIGURA-		P.f.--259.18°C
CION		ELECTRO-
ELECTRONICA:	1s ¹	NEGATIVIDAD: 2.1 (Pauling)
RADIO		ESTADOS DE
ATOMICO:	0.37 Å	OXIDACION: 1 ⁺ , 0, 1 ⁻



En el esquema que a continuación se presenta se puede observar que este gas es un potente reductor.

Las reacciones más importantes de este elemento son las siguientes:



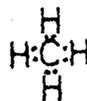
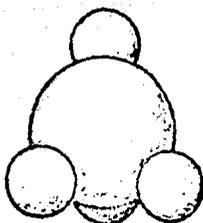
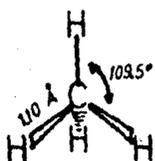
ORIGEN DEL METANO

El reciente descubrimiento de moléculas orgánicas de origen interestelar, ha llevado a la especulación de que pudo haber existido en las nebulosas, la semilla orgánica para la vida, siendo el metano, el hidrocarburo más simple del cual se originaron todos los esqueletos hidrocarbonados¹⁷⁰:

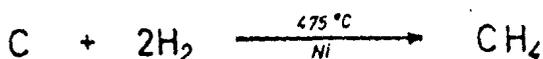
Aunque la tierra perdió gran parte de su atmósfera inicial (formada del material de la nebulosa original), formó otra o la enriqueció con gases que salían del interior del planeta y por todos lados se debieron encontrar grietas con emanaciones de gases.

Al estar presente el hidrógeno en grandes cantidades y al estar sometido a presiones y a temperaturas altas en contacto -- con metales nativos (de la corteza del planeta o de meteoritos), la única posibilidad de encontrar al carbón en forma combinada fué como CH_4 y no como CO_2 .

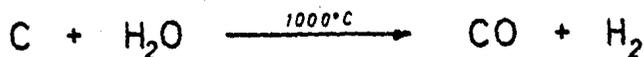
A continuación se presentan las estructuras del más simple de los hidrocarburos¹⁷¹:



Este gas se puede obtener a partir de sus elementos ¹⁷² :



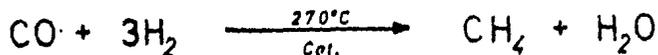
Pero también el carbón pudo haber reaccionado con las moléculas de agua para producir monóxido de carbono e hidrógeno ¹⁷³ :



*En la ecuación anterior, el hidrógeno presenta una unión de tipo covalente de la forma H-H o H:H, en tanto que la molécula de monóxido de carbono puede tener tres estructuras en resonancia ¹⁷⁴ :

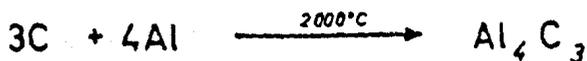


El monóxido de carbono al estar en contacto con el hidrógeno, en presencia de catalizadores metálicos, produce la siguiente reacción ¹⁷⁵ :

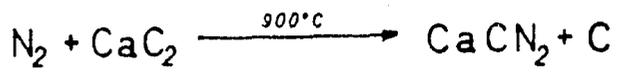


Debido a esto, es muy posible que las concentraciones de monóxido de carbono fueran despreciables, no así las de metano.

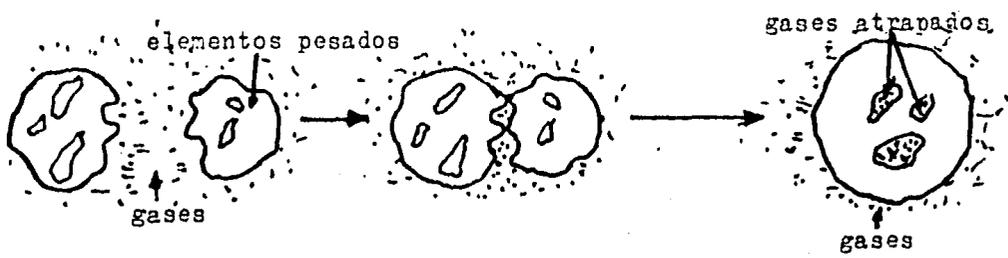
El carbón que anteriormente se había combinado con los metales, formó carburos metálicos con uniones de tipo covalente -- iónico ¹⁷⁶ :



Estos carburos también se pudieron combinar con el nitrógeno mediante la ecuación siguiente ¹⁷⁷ :



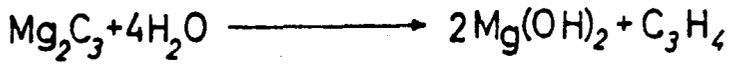
Estas reacciones pudieron haber ocurrido cuando los planetesimales fundidos, combinaron a los elementos que contenían.



Posteriormente los carburos metálicos, reaccionaron con el agua para dar origen al metano ^{172,173} :



o a otros hidrocarburos ¹⁷³ :



En 1877 Mendeleev propuso la reacción de síntesis de hidrocarburos a partir de carburo de hierro ⁵⁷ :



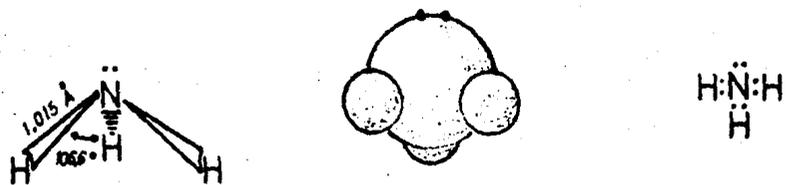
Además, el estudio de estos compuestos indica que los carburos de calcio, bario, estroncio y litio, al reaccionar con el agua forman acetileno; los carburos de aluminio y berilio producen metano; el carburo de manganeso da como resultado, una mezcla de --

metano e hidrógeno; los carburos de los metales raros dan una mezcla de acetileno y metano; los carburos de uranio forman una mezcla de metano, hidrógeno, acetileno e hidrocarburos líquidos y sólidos¹²⁹.

ORIGEN DEL AMONIACO

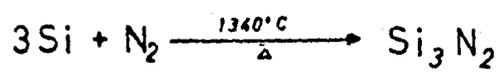
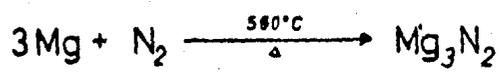
En la actualidad no se sabe con certeza cuál fué la forma en que estuvo presente el nitrógeno en la atmósfera primitiva, - pero existen más probabilidades de haberlo encontrado combinado en forma de amoniaco.

La estructura de esta molécula es la siguiente^{171, 178} :

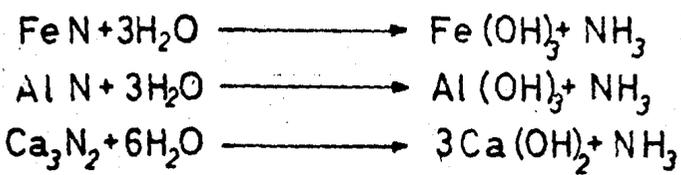


Este compuesto fué de vital importancia para la síntesis de productos nitrogenados, entre ellos: las aminas, pirroles, amino ácidos, urea, bases púricas y pirimídicas, porfirinas, etc.

A temperaturas altas el nitrógeno se pudo combinar con metales para formar nitruros metálicos¹⁷⁷ :



Posteriormente estos nitruros reaccionaron con el agua para producir amoniaco^{57, 177, 178} ,:

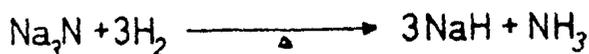


La cianamida de calcio al reaccionar con el agua en caliente produce también amoníaco¹⁷⁸ :

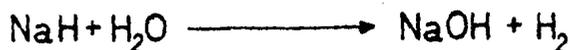


Posiblemente los carbonatos en la tierra comenzaron a aparecer mediante este mecanismo.

Pero también los nitruros pudieron reaccionar con el -- exceso de hidrógeno mediante la siguiente reacción¹⁷⁹ :



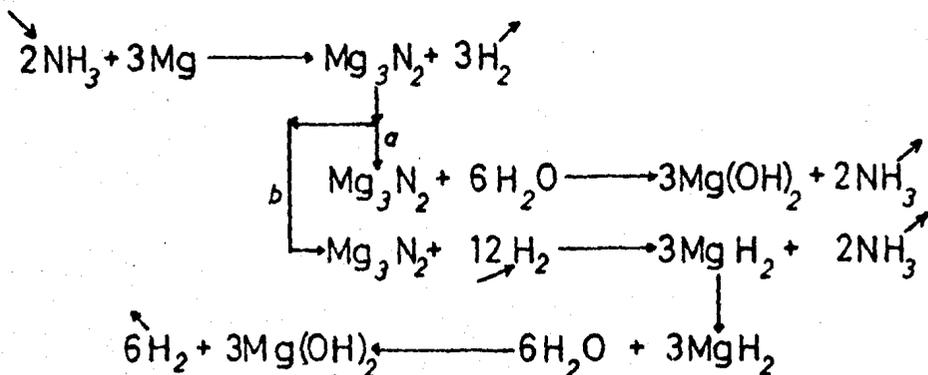
y a su vez, los hidruros metálicos en contacto con el agua regeneraron parte del hidrógeno que se perdía por fuga hacia el cosmos¹⁸⁰ :



Por otra parte, el amoníaco pudo combinarse con metales nativos en caliente¹⁷⁸ :

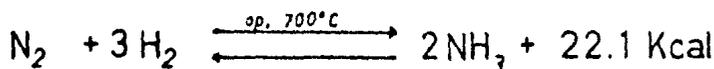


pero los nitruros formados, regeneraron este compuesto con el agua:

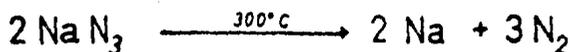


En el esquema anterior se puede observar que para este conjunto de reacciones no hay pérdida ni ganancia de amoníaco, pero la ruta (a) produce tres moléculas de hidrógeno, en tanto que la ruta (b) consume tres moléculas de este gas.

A temperaturas altas, en presencia de catalizadores, el amoníaco se puede obtener por síntesis directa de sus elementos ^{178 181}:

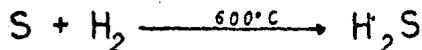


El nitrógeno de la reacción anterior pudo estar presente en la atmósfera primitiva aunque en menores cantidades que el amoníaco o bien, fué producto de la descomposición térmica de los nitruros metálicos formados anteriormente ¹⁷⁷:



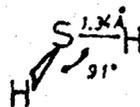
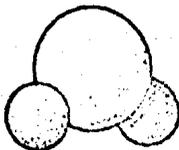
ACIDO SULFHIDRICO

Los vapores de azufre en contacto con el hidrógeno, generan principalmente moléculas de ácido sulfhídrico ^{182 183}:



Este ácido al reaccionar con los metales, produjo sulfuros metálicos que posteriormente quedaron atrapados en forma de yacimientos de piritita u otros minerales.

La molécula de ácido sulfhídrico presenta las siguientes características:



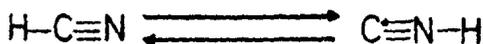
Es muy posible que este compuesto hubiese sido el principal donador de azufre para los amino ácidos que contienen a este elemento.

En la atmósfera de Venus, todavía caliente y de tipo reductor, se pueden encontrar grandes cantidades de este ácido¹⁸⁴.

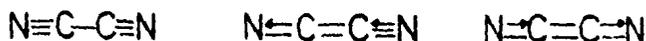
AC. CIANHIDRICO, CIANOGENO Y CIANAMIDA

Posiblemente en la tierra se formó una cantidad considerable de ac. cianhídrico, cianógeno y cianamida. Estos compuestos, como se verá más adelante, son precursores de muchas bio-moléculas, por otro lado, al reducirse los volúmenes de metano y de amoníaco - en la atmósfera, estos compuestos de nitrógeno y carbono fueron vitales para continuar la síntesis de amino ácidos.

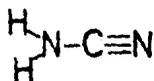
El ácido cianhídrico está constituido por dos variedades inseparables en equilibrio¹⁸⁵:



El cianógeno presenta tres formas de resonancia¹⁸⁵:

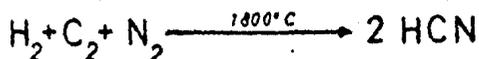


En tanto que la cianamida tiene la siguiente estructura¹⁸⁶:

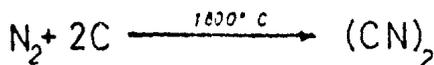


Estas moléculas se pueden obtener de las reacciones que se presentan a continuación:

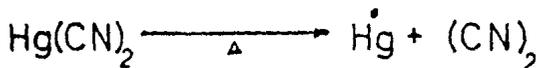
El HCN se sintetiza a partir de sus elementos¹⁸⁵:



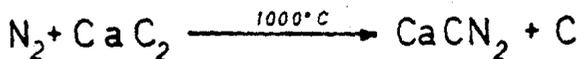
El (CN)₂ se obtiene mezclando nitrógeno y carbono¹⁷⁷ ;



o por descomposición del cianuro de mercurio¹⁸⁵ :



La cianamida se obtiene a partir del carburo de calcio¹⁸⁶ ;



ORIGEN DEL AGUA

Una de las condiciones para la existencia de vida en planetas de tipo terrestre, es la presencia de agua en sus tres estados físicos, ya que entre otras cosas, debido a sus características físico-químicas^{187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205}, es el medio de transporte para las sustancias metabólicas dentro de la célula o de organismos vivos, además de ser el disolvente universal que puede permitir un intercambio de iones y sustancias a través de membranas.

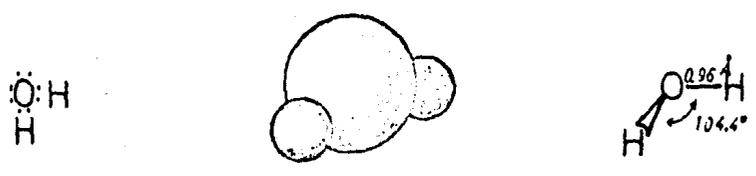
El oxígeno presente en el universo como parte del gas interestelar, debió de reaccionar más fácilmente con el exceso de hidrógeno a temperaturas altas y ser muy estable a temperaturas bajas como molécula de agua (aunque estas moléculas en otro periodo habrían de descomponerse nuevamente para dar origen al oxígeno atmosférico).

El agua es producto de infinidad de reacciones químicas,

como las de neutralización, oxido-reducción, condensación, etc. ^{182 206}



La molécula de agua presenta las siguientes características:



Tiene un intervalo bastante amplio entre el punto de fusión y el de ebullición, se dilata a baja o alta temperaturas, puede formar uniones de hidrógeno y distintos tipos de cristales.

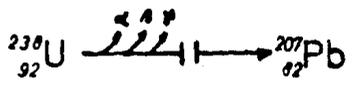
La formación en exceso de este tipo de moléculas, fué la clave para la aparición posterior de los organismos vivos.

El agua fué atrapada de la nebulosa primitiva por los planetesimales que dieron origen a la tierra. Estas moléculas quedaron presas tanto en la atmósfera como en el interior del planeta.

Se sabe que al calentar una roca, ésta se rompe para -- dejar escapar las moléculas de agua que se encuentran dentro de la piedra.

En la tierra primitiva debió suceder lo mismo. Gran -- parte de las moléculas de agua estaban presentes en la atmósfera, -- pero en su mayoría estaban en el interior del planeta ¹²⁹.

Al calentarse el núcleo de la tierra por efecto de la -- descomposición radiactiva ^{129, 207, 208}:

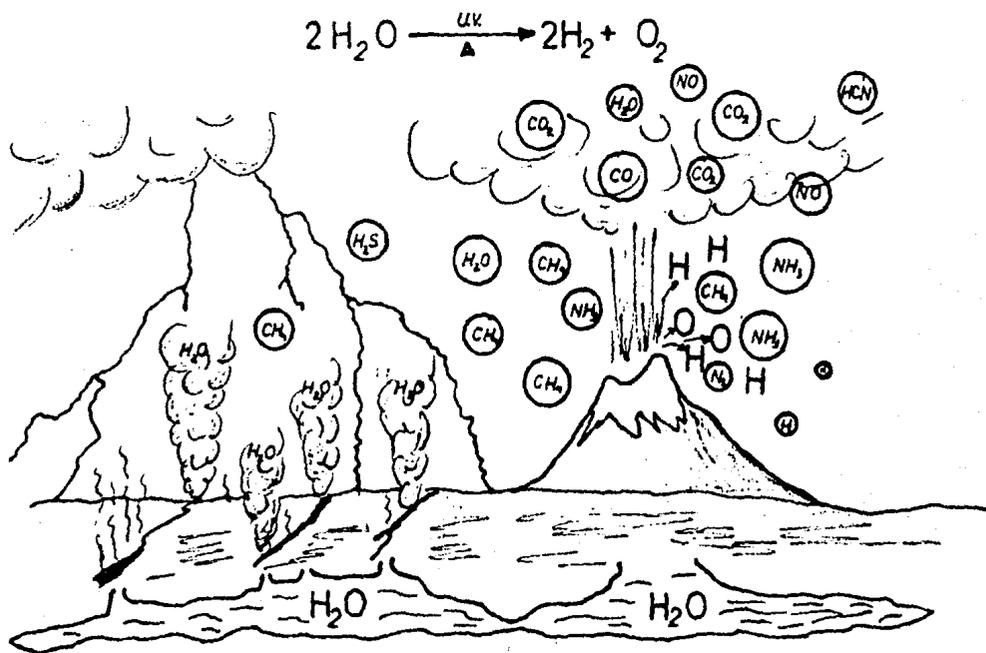


provocó que las partículas de agua trataran de salir.

La fuga de vapor candente fué entonces, un factor muy -- importante de transformación atmosférica. Por todos lados de la --

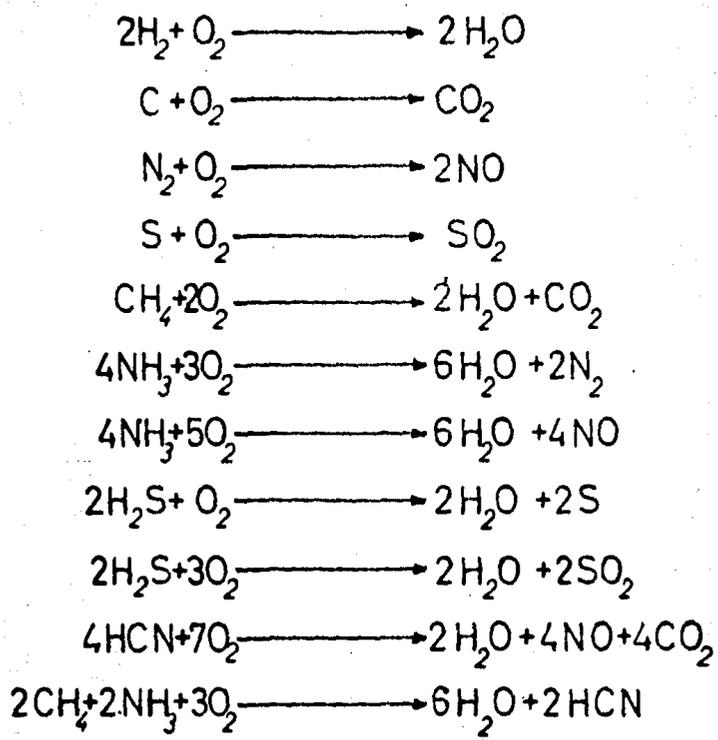
corteza terrestre, se levantaron columnas gigantescas de vapor que salían del centro de la tierra.

Al someter a las moléculas de agua a las altas temperaturas o a la luz U.V. de onda corta, éstas se descomponen en sus -- elementos ¹²⁹⁻²⁰⁹;



Este efecto se puede ver claramente en los incendios, - donde al arrojar los primeros litros de agua, el fuego se intensifica por efecto de la descomposición de la misma, pero cuando baja la temperatura, el incendio se puede controlar más fácilmente.

Los volcanes, al producir oxígeno atmosférico como pro-- ducto de la descomposición del agua a temperaturas altas, provocaron combustiones en la atmósfera. En algunos casos los relámpagos o -- las radiaciones solares ayudaron a estos procesos ^{177 178 182 185 209 210 211 212 213 214 215 216.}

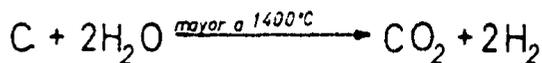
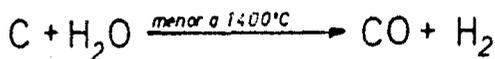


Aunque algunos reactivos se regeneraban como productos de otras combustiones, la atmósfera fué cambiando gradualmente con el transcurso de los siglos.

El agua que salió del interior del planeta en forma de hidrógeno y oxígeno, volvió a regenerarse (aunque de distinta manera) como se ha podido observar en las reacciones anteriores.

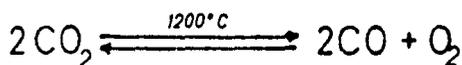
Poco a poco el agua en estado de vapor se fué condensando para provocar lluvia y enfriar así la corteza terrestre, la cual ya contenía agua en estado líquido con muchos compuestos orgánicos sintetizados que estaban en solución.

Gran parte del carbón del planeta se combinó con el agua a temperaturas altas¹⁷³ :



La combustión gradual del metano, provocó que en la atmósfera de la tierra se incrementara poco a poco la concentración de CO_2 .

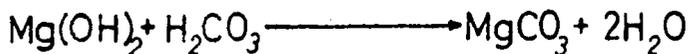
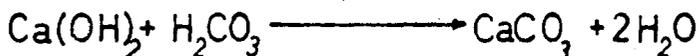
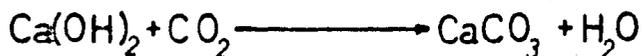
El oxígeno también se pudo producir a temperaturas altas por el siguiente proceso en equilibrio¹⁷⁴:



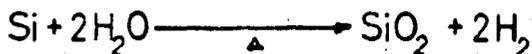
El CO_2 en contacto con el agua formó ácido carbónico¹⁷⁴:



y éste se combinó con los hidróxidos de algunos metales para producir carbonatos¹⁷⁴:



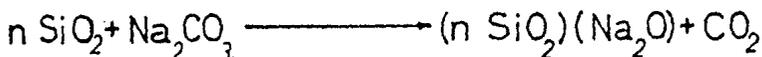
Aunque parte de los metales de la corteza terrestre estaban en forma de óxidos, otros elementos que afloraron del interior del planeta, se combinaron con el agua¹⁷⁴:



Los óxidos de silicio reaccionaron con otros metales - para dar origen a los siliciuros ¹⁷⁴ :



o silicatos a partir de carbonatos ¹⁷⁴ :



El silicato de sodio (soluble) se puede combinar con una sal de magnesio para dar un silicato insoluble ¹⁷⁴ :



Los aluminosilicatos como la caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) y la montmorillonita ($\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{O}_2\text{-Si}_4\text{O}_8(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), fueron arcillas claves para la síntesis de macromoléculas.

El silicato de magnesio con bióxido de carbono, da como resultado un carbonato alcalino-térreo ^{129,174} :

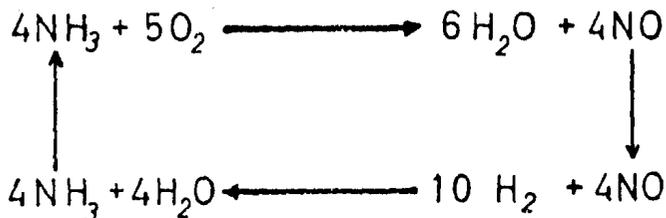


Los carbonatos formados quedaron principalmente dispuestos en la superficie del planeta y de éstos, los más importantes son: los carbonatos de calcio y magnesio que forman las rocas calizas y dolomíticas; los carbonatos de hierro (siderita), de plomo (cerusita) etc.

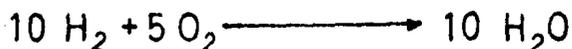
El monóxido de nitrógeno (producto de la combustión del amoníaco) se combinó con el hidrógeno atmosférico de la siguiente - manera ²¹⁶ :



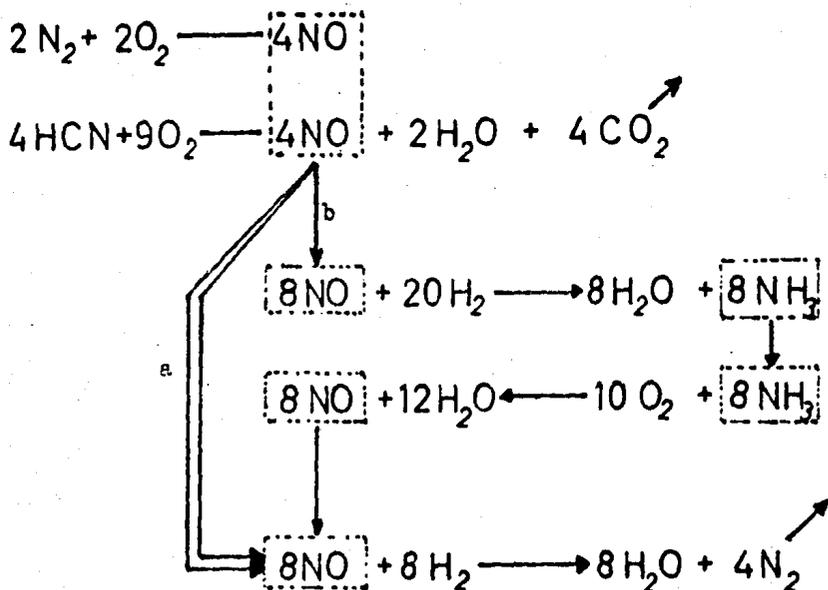
Por un lado se regeneró cierta cantidad de amoníaco, -
pero también se incrementó la concentración de nitrógeno:



*De este ciclo se consumen 10 moléculas de hidrógeno para producir 10 moléculas de agua:



Gracias a la producción de oxígeno por el vulcanismo, -
la atmósfera ganó CO_2 y N_2 como lo demuestran las siguientes reacciones:



El balance de moléculas que entran y salen de las reacciones anteriores, es el siguiente:

a	b	CONSUMO
2	2	moléculas de N ₂
4	4	" " HCN
11	21	" " O ₂
8	28	" " H ₂

a	b	PRODUCCION
4	4	moléculas de N ₂
4	4	" " CO ₂
10	30	" " H ₂ O

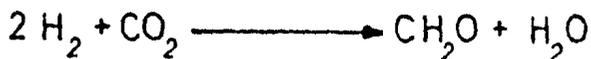
El nitrógeno que se formó poco a poco, difícilmente se pudo combinar, ya que es una molécula muy estable, en tanto que el CO₂ formó carbonatos y moléculas orgánicas.

Como se ha podido observar en las reacciones anteriores, se consume mucho hidrógeno y oxígeno, pero aunque hubo la presencia de este último elemento en la atmósfera, durante un largo período de la evolución de la tierra, este elemento no existió en estado libre, pero si combinado en forma de agua, óxidos metálicos y no metálicos, silicatos, aluminosilicatos y otros compuestos ¹²⁹:

H₂O, CO₂, FeO, Al(OH)₃, Fe₂SiO₄, MgSiO₃, Ca₃(AlO₃)₂.H₂O, CH₂O, etc.

Gracias a las reacciones que se presentaron anteriormente y a otras más, fué posible el incremento de agua en la superficie del planeta.

El hidrógeno reaccionó también con el CO₂ para formar una mayor cantidad de moléculas orgánicas ¹²⁹:

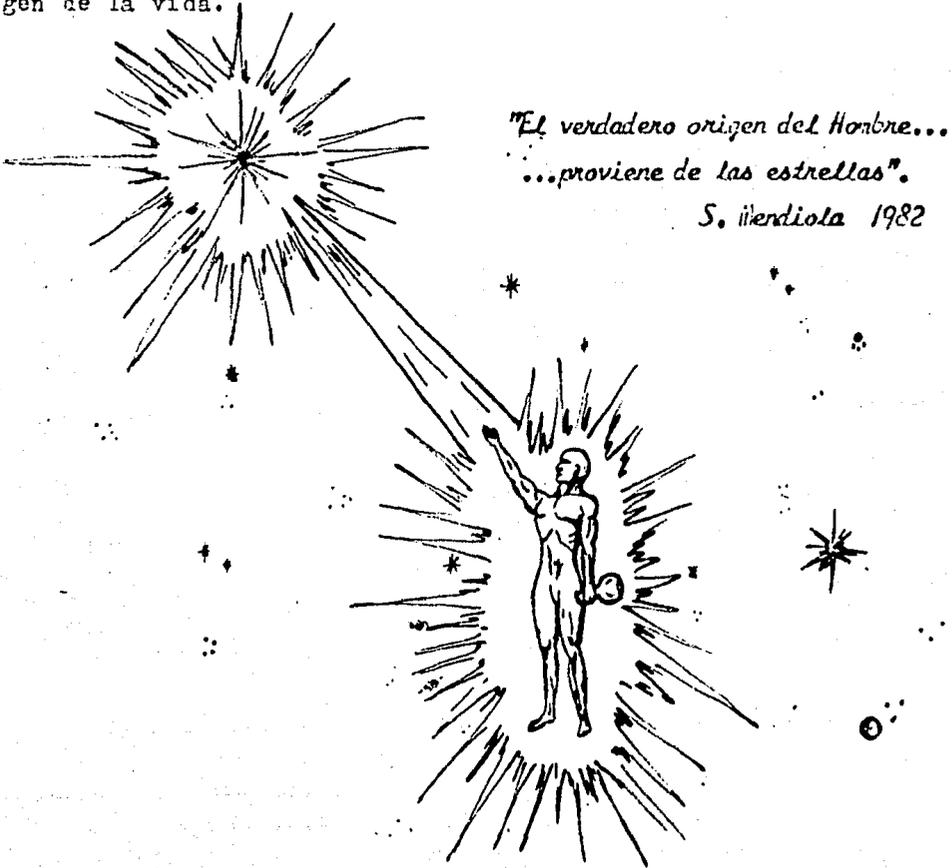


Otros factores hicieron posible que las concentraciones de amoníaco, metano, ac. sulfhídrico y otras moléculas bajaran considerablemente hasta desaparecer. Muchos de estos gases se solubilizaron en agua o se combinaron entre si para dar origen a biomoléculas

las.

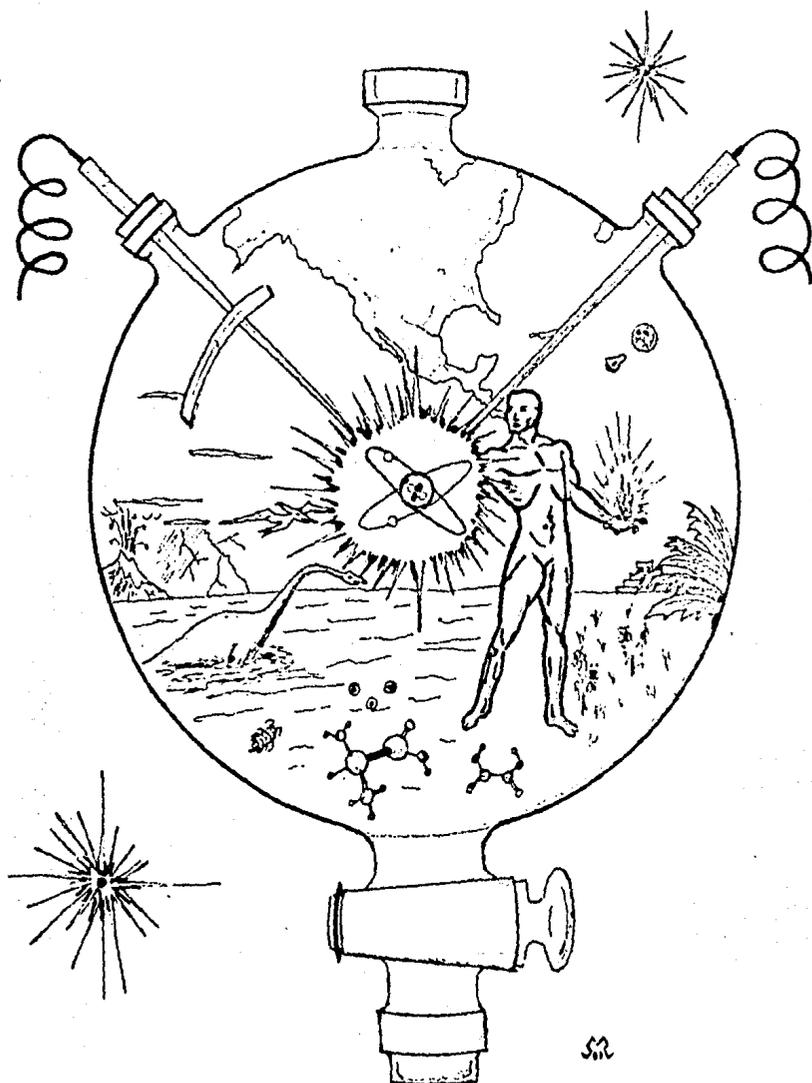
Como se ha podido ver, la tierra en un principio atrapó muchos gases y elementos de la nebulosa primitiva, pero aunque perdió la mayor parte del hidrógeno debido a su escasa gravedad, a su gran temperatura y al viento solar, en otra etapa también dió origen a este elemento para favorecer las condiciones reductoras de la atmósfera primitiva.

Los relámpagos, el vulcanismo, los meteoritos, las radiaciones cósmicas provenientes del sol y de los elementos que sufrieron fisión atómica, las altas y bajas temperaturas y otros factores, hicieron posible el proceso de la síntesis de los elementos orgánicos y a partir de ese momento, los átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (CHON) tomaron una gran importancia para el origen de la vida.



CAPITULO III

ORIGEN DE LAS BIOMOLECULAS



* MODELOS Y METODOS DE INVESTIGACION
* ORIGEN DE LA SINTESIS ORGANICA

CAPITULO III

ORIGEN DE LAS BIOMOLECULAS

*"Que se caliente la tierra
con la furia del volcán,
Lluvia, radiación y truenos...
...¡Ostígad sin piedad al mar!"*

S. Mendiola 1983



Los recientes avances tecnológicos, han hecho posible -- que los experimentos abióticos aumenten con mayor rapidez, ya que en la actualidad, es más fácil identificar los compuestos orgánicos que se forman cuando se tratan de reproducir en el laboratorio, las condiciones de la atmósfera primitiva. La identificación de biomoléculas, ha sido -- todo un proceso de arduos trabajos de investigación y de publicaciones que han legado a los científicos actuales, un criterio más amplio para seguir profundizando en este tema.

Estas moléculas constituyen los "ladrillos" de una gigantesca mansión o los "eslabones" de una larga cadena macromolecular. Son la materia prima para la construcción de estructuras complejas que gradualmente se han ido perfeccionando gracias a un mecanismo "evolutivo" que ha durado millones de años.

Los ácidos orgánicos, amino ácidos, azúcares y las bases púricas y pirimidínicas se hallan abundantemente en la época actual y en tan solo una célula, se encuentran millones de estas moléculas, - pero en los tiempos primitivos, este mismo número debió de estar diluido en una gran cantidad de agua.

A pesar de las condiciones atmosféricas reinantes en aquel entonces, la naturaleza permitió que estas moléculas se acumularan poco a poco mediante un proceso de "selección". Posteriormente se unieron entre ellas para dar lugar a estructuras pre-biológicas, las cuales fueron precursoras del primer organismo capaz de autodu--

plicarse.

MODELOS Y METODOS DE INVESTIGACION

Para poder entender el fundamento de los experimentos abióticos, primeramente es necesario saber lo que se entiende por modelo bioquímico y lo que representan para el químico los mecanismos de reacción.

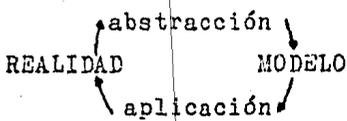
MODELOS BIOQUIMICOS

Un modelo, es una serie de hipótesis o teorías que se plantean acerca del comportamiento, forma, estructura de un sistema o de los elementos que lo constituyen y que trata de explicar por medio de símbolos fisico-matemáticos, los resultados experimentales.

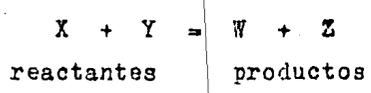
Al construir un modelo se deben de tomar en cuenta los siguientes puntos:

- .)Análisis del problema.
- .)Identificación de los elementos reales e hipotéticos.
- .)Sustitución de un elemento real o hipótesis por un -- símbolo que lo represente, tomando en cuenta que para cada elemento habrá solo una representación física o matemática(notación numérica, dibujos, diagramas, etc.) que deberá persistir desde el principio -- hasta el final de la idea, representando con claridad el mensaje que se desea dar a conocer. Los elementos reales pasarán a ser **abstractos** para que puedan ser traducidos del lenguaje universal a casos -- particulares. Deberán tenerse en cuenta todos los factores que alteran o modifican al modelo.
- .)Reproducción del modelo propuesto. Deberá ser válido para cualquier laboratorio del mundo no pueda trabajar en las condiciones físicas y bioquímicas propuestas.

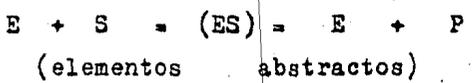
Un modelo será muy útil para expresar o modificar hipótesis, la notación usada en experimentos bioquímicos será más simple y esto permitirá que el trabajo de investigación sea más rápido y -- comprensible.



De hecho, se utilizan símbolos químicos para nombrar a los elementos y sustancias que intervienen en las reacciones, las cuales son ecuaciones matemáticas de la forma:



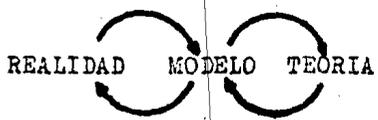
En las reacciones enzimáticas es necesaria la ayuda de modelos. Un ejemplo sencillo es el siguiente: Si se coloca almidón en un recipiente y se le agrega amilasa, (elementos reales), después de un tiempo se obtendrán dextrinas, maltosa y glucosa. Pero todo este trabajo se puede representar de la siguiente manera:



donde: E=enzima S=sustrato P=producto

Al conocer esta reacción, se puede pensar que la carne se digiere con enzimas proteolíticas, para dar como producto, pequeñas cadenas de aminoácidos.

Las teorías representan un grado mayor de abstracción - al permitir estudiar varios problemas al mismo tiempo, es por eso -- que al elaborarlas es necesario el planteamiento de mejores modelos²¹⁷.



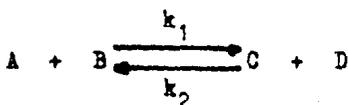
Los experimentos abióticos requieren de modelos para su elaboración y éstos, a su vez, han permitido a los investigadores -- proponer nuevas hipótesis que facilitan la comprensión del problema del origen de la vida.

GENERALIDADES DE LAS REACCIONES

Como ya se ha mencionado, las reacciones que se observan en los libros o en las publicaciones científicas (elementos abstractos), son modelos que representan un hecho físico, químico o biológico (elementos reales). En este trabajo, solo se describirán algunas de las propiedades generales que presentan ciertas reacciones o los elementos que intervienen en ellas, de modo que, el lector comprenda fácilmente los mecanismos por los cuales, el químico ha logrado obtener en el laboratorio, la mayoría de las biomoléculas.

En la mayoría de los casos existen factores que intervienen directamente en la reacción, como es el caso de la temperatura, la presión, la concentración de reactivos, el uso de catalizadores y de algunas fuentes de energía. Estos factores pueden hacer posible un incremento en la velocidad de la reacción, pero también, la acumulación en exceso de cierto producto dentro de un sistema, puede inhibir la producción de otro que sea muy importante cuando se presentan reacciones en serie.

Muchas de las reacciones son de tipo reversible:



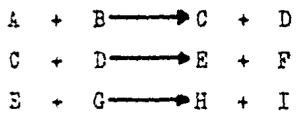
pero la mayoría de ellas se desplazan en una sola dirección, dependiendo de las condiciones de reacción. Si en una ecuación química la velocidad k_1 es mayor que k_2 , la reacción irá de izquierda a derecha; si son iguales, la reacción estará en el punto de equilibrio; pero si k_1 es menor que k_2 , la reacción se desplazará de derecha a izquierda.

La relación entre la velocidad de reacción y las concentraciones de los reactantes se llama, ley de velocidad. Esta ley no depende de la estequiometría de la reacción, ni se puede predecir su base a esta²¹⁰, por lo tanto, en la reacción hipotética:



la velocidad de reacción puede depender de la concentración de A, de la de B, de ninguna o de ambas.

En ocasiones, los productos formados sirven como reactivos de otras reacciones:



pero la acumulación de ciertos productos puede inhibir algún reactivo por combinarse directamente con él o puede frenar parcial o totalmente la velocidad de una reacción, interrumpiendo así, la producción de algunos materiales o sustancias.

En la atmósfera primitiva debió de ocurrir algo similar. Muchos de los gases presentes, se concentraron durante un largo período, ya que las condiciones atmosféricas reinantes así lo permitieron, pero al cambiar éstas, se sintetizaron nuevos productos a partir de los materiales formados anteriormente.

Las radiaciones U.V. hicieron posible la síntesis de algunos compuestos orgánicos, pero fueron letales para otros. Dependiendo de la velocidad con que se acumularon ciertas sustancias, pudieron "sobrevivir" gracias a otros factores físicos y químicos que así lo permitieron. Si las concentraciones de algunos elementos -- fueron muy altas, se pudieron formar algunos compuestos en pequeña proporción, aunque las condiciones ambientales no fueran las ideales. Pero quizá estos últimos, se requirieron en esa cantidad para poder actuar como catalizadores de otras reacciones que si fueron posibles.

Por último, es necesario recordar que un catalizador es un elemento o molécula, que en pequeñas cantidades acelera una reacción, sin intervenir directamente en ella. Los primeros catalizadores debieron de ser metales, posteriormente moléculas orgánicas asociadas a un ion metálico y finalmente, las enzimas.

Una reacción química, puede efectuarse en forma espontánea después de miles de años, pero si es auxiliada por un metal, es posible que el proceso dure tan solo unos minutos y puede ser prácticamente instantánea cuando interviene una enzima.

Al aparecer mejores catalizadores en la tierra primitiva, los procesos de síntesis abiótica y de evolución se aceleraron considerablemente en forma logarítmica.

MECANISMOS DE REACCION

Para el químico, es muy importante que una reacción se lleve a cabo en las condiciones que propone, pero lo es más aún, el saber como interaccionan las moléculas que están presentes en el tubo de ensayo.

Para el estudio molecular de las reacciones, es necesario crear modelos para poder estudiar los mecanismos por los cuales un átomo o una sustancia actúa con otra y así, el químico puede predecir mediante nuevas hipótesis, lo que sucederá al colocar ciertos compuestos capaces de combinarse.

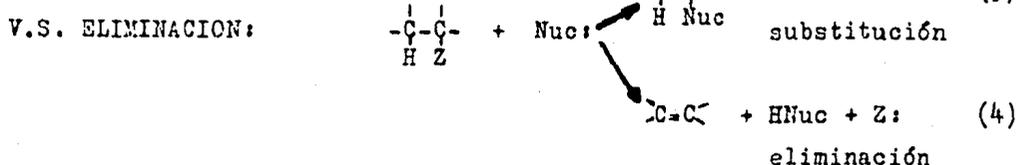
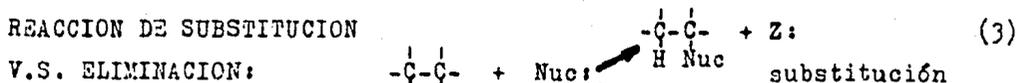
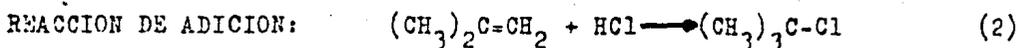
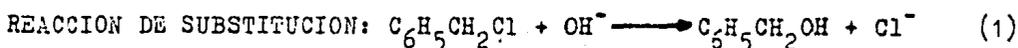
En la antigüedad, se mezclaban en recipientes varias -- sustancias al azar y en realidad nadie sabía lo que sucedería después. Pero la época de la alquimia ha quedado atrás y ahora la química moderna la substituye basando sus teorías, en el método científico. Es por esto que el químico está obligado a predecir sus resultados y no a realizar sus pruebas unicamente al azar, ya que no solo es importante saber "que sucede" en una reacción química, sino que también "como sucede", es decir, se deben conocer no solamente los hechos, sino también el fundamento de la teoría.

Los mecanismos de reacción son modelos que se proponen durante el desarrollo de un experimento de laboratorio^{219,220,221,222}. Son procesos por etapas por medio de los cuales los reactantes se transforman en productos, teniendo en cuenta que, en primer lugar, un mecanismo de reacción debe de explicar todos los cambios estructurales y estereoquímicos que ocurren en una reacción y en segundo lugar, debe de tomar en cuenta la ley de velocidad y concordar con la energía de activación de dicha reacción.

A medida que se descubren nuevos hechos, el mecanismo debe de explicarlos o deberá de ser modificado para incluirlos y puede llegar a ser necesario descartarlo para reemplazarlo por otro.

Sería difícil sostener que alguna vez haya sido demostrado un mecanismo ya que representa una abstracción, sin embargo, si puede explicar satisfactoriamente una amplia gama de hechos, si con base en él se realizan predicciones que luego se cumplen, si es consecuente con mecanismos para otras reacciones relacionadas, entonces se dice, que tal mecanismo está bien probado y pasará a formar parte de la teoría de la química moderna. Es necesario tener en cuenta que nunca se llega a obtener un mecanismo absolutamente "correcto", sino una aproximación más o menos cercana que depende de la información disponible. Sin embargo, la mayoría de los mecanismos de reacción que en realidad suceden en los experimentos abióticos, aún no se conocen o son inciertos debido a las dificultades técnicas que presentan estos trabajos, pero aún así, se darán a conocer las bases generales de este tipo de modelos.

El primer paso en la determinación de cualquier mecanismo de reacción, es la identificación de todos los productos formados. Los reactantes y las condiciones de una reacción química, definen el tipo de intermediario que se formará. El conocimiento del tipo de reacción, es de gran importancia para comprender los pasos que se verifican en la ecuación química. Los productos pueden resultar de una sustitución, una eliminación, una oxidación o una reducción de los reactantes²¹⁸.



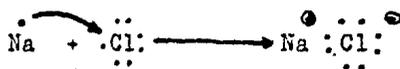
donde: Nuc: = nucleófilo y Z: = grupo desplazado (generalmente un halogenuro)

El nucleófilo: es el reactivo afín a los núcleos o centros positivos y que constituye una base de Lewis (puede ceder electrones).

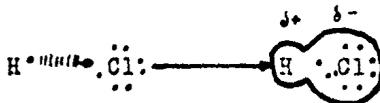
El electrófilo: es el reactivo afín a los electrones o que es atraído por un centro rico en electrones y que constituye un ácido de Lewis (requiere de electrones).

En la reacción #1, el radical OH^- constituye una base de Lewis y es un nucleófilo, en tanto que el protón del HCl (en la reacción #2), - es un electrófilo.

Los enlaces de tipo covalente iónico tienen la característica de presentar cargas parciales debido a la escasa diferencia de electronegatividades que existe entre los átomos que se combinan (ver tabla # 7). En el enlace de tipo iónico, es tan grande esta diferencia que los electrones de la última órbita de uno de los átomos de la unión, son secuestrados hacia el elemento más electronegativo:



pero cuando la diferencia de electronegatividades no es muy grande, los elementos presentan únicamente densidades parciales, positiva o negativa:



y cuando los átomos tienen un enlace de tipo covalente, no presentan cargas:



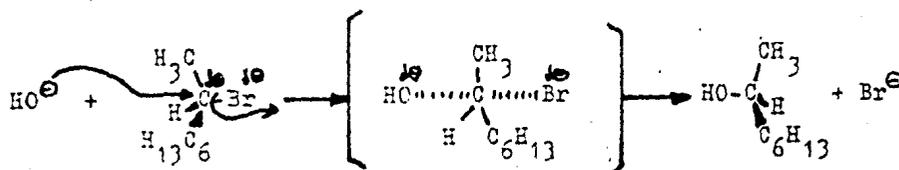
Con esta explicación quedará claro que los elementos que presenten parciales positivas podrán ser fácilmente atacados por un nucleófilo, es decir, por un átomo que contenga exceso de electrones.

Para un mecanismo de reacción es muy importante tomar en cuenta los estados de oxidación que presentan los átomos, pues -

los estados transitorios son inestables.

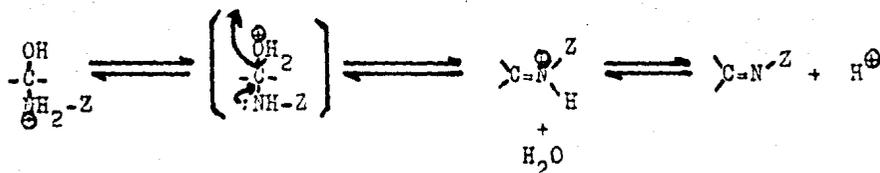
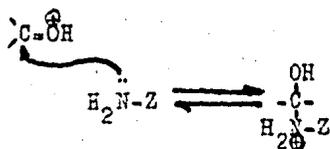
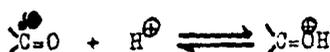
Las flechas representan el sentido hacia donde se desplaza una reacción o bien, indican los ataques de los nucleófilos hacia los centros positivos o la dirección que siguen los electrones en un compuesto orgánico²¹⁸.

Ejemplo #1



*nótese que en este caso, el carbono no puede trabajar con -- más de cuatro valencias, por lo tanto, el intermediario es inestable.

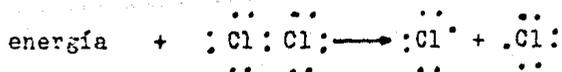
Ejemplo #2



*Donde Z puede ser H ó R

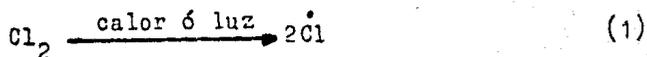
En otros casos, los mecanismos de reacción se llevan a cabo por medio de radicales libres. Un átomo o grupo de átomos que posee un electrón solitario, se denomina: radical libre.

Los enlaces de tipo covalente pueden generar radicales libres con la ayuda de calor o luz en la fase gaseosa. Una de las mejores fuentes de energía puede ser la radiación U.V.²²³

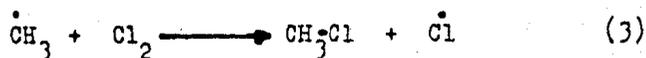
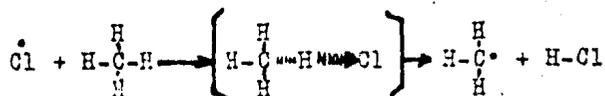
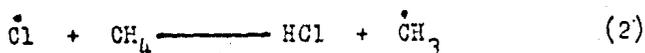


Ejemplo #3

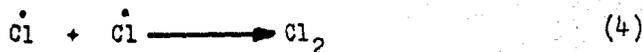
PASO INICIADOR
DE LA CADENA:



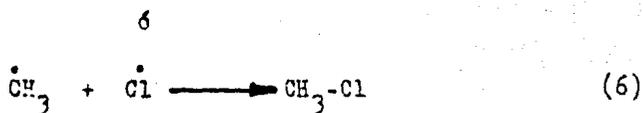
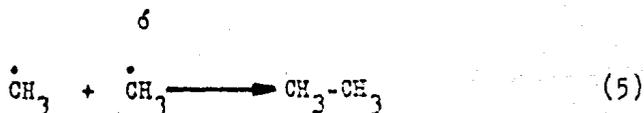
PASOS PROPAGADORES
DE LA CADENA:



LUEGO (2),(2),(3),(2),(3), etc. HASTA QUE FINALMENTE:



PASOS FINALIZADORES
DE LA CADENA:



MÉTODOS DE INVESTIGACION Y ANALISIS

El siglo XX ha sido un periodo de grandes avances tecnológicos y científicos. Es muy posible que los primeros investigadores del origen de la vida hayan tenido muchos problemas para dise-

ñar sus experimentos y analizar los compuestos obtenidos, pero en la actualidad existen métodos muy sofisticados para analizar cuantitativa y cualitativamente productos que se engendran de una síntesis a-biótica.

Para la realización de este tipo de experimentos se deben considerar los siguientes puntos:

- .) Se debe tener una idea clara y precisa de lo que se desea obtener.
- .) Se requiere de un programa de trabajo a seguir, basado en hipótesis y modelos comparables.
- .) La composición de la mezcla de reacción debe de ser conocida.
- .) Debe de seleccionarse correctamente la fuente de energía que se utilizará en el experimento.
- .) El sistema de reacción debe de operar por un tiempo razonable (propuesto con anterioridad).
- .) Por último, se deben de analizar los productos obtenidos para comprobar las hipótesis originales o para proponer nuevos modelos.

Para identificar cada uno de los compuestos obtenidos, es necesario primeramente purificarlos²²⁴ por medio de:

recristalización²²⁵, diálisis²²⁶, electroforesis²²⁷, técnicas cromatográficas^{228, 229, 230, 231, 232} (en papel^{233, 234, 235, 236, 237}, en columna²³⁸, de capa fina²³⁹, de gases^{240, 241}, de líquidos de alta resolución²⁴²), u otros métodos.

Una vez separados los compuestos orgánicos, es necesario determinarles punto de fusión, de ebullición, densidad y otras constantes físicas²⁴³.

Al estar purificados, se realizan por separado las siguientes pruebas:

espectrometría de masas²⁴⁴, de infra-rojo^{245, 246, 247, 248}, de ultra violeta^{245, 247, 248}, resonancia magnética nuclear^{246, 247, 249, 250, 251, 252, 253} y otras más²⁵⁴.

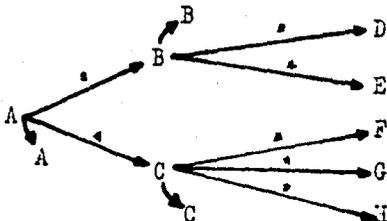
Toda una serie de estudios servirán para que el químico

pueda llegar a la interpretación correcta del compuesto que se busca, teniendo en cuenta que mientras más compleja sea la molécula, el análisis será más tardado y más laborioso.

ORIGEN DE LA SINTESIS ORGANICA

El Hombre ha podido obtener compuestos que no se encuentran en la naturaleza, sin embargo, ésta última fué la encargada de producir las primeras moléculas orgánicas bajo condiciones atmosféricas que nunca han podido ser las mismas.

Es muy difícil citar el orden correcto en que fueron apareciendo las moléculas orgánicas, pero es de suponer que comenzaron a formarse primeramente las más simples hasta llegar a las más complejas. Cada estructura pudo haber dado origen a varias moléculas más grandes y cada una de estas a su vez, debió de formar otras más complejas:

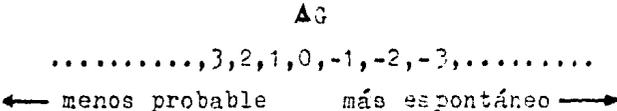


*las condiciones de reacción fueron distintas para cada caso.

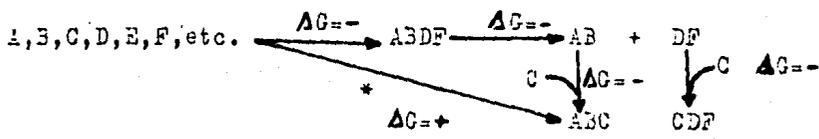
Anteriormente se mencionó el ejemplo de las piezas de un reloj que deberían de agitarse constantemente en el interior de una bolsa y que, aún después de miles de años, no sería posible obtener una maquinaria que trabajase correctamente. Sin embargo, si cada pieza contara con un punto específico en el cual encajara la pieza vecina y una vez unida no se pudiera separar, por ser más estable la unión, es muy posible que las piezas se fueran pegando unas a otras al transcurrir el tiempo.

Estos procesos pueden ser explicados por la fisicoquímica

ca con los valores de ΔG para cada caso en particular. Cuando el valor de ΔG es positivo, el proceso no es posible, pero cuando el valor es negativo, el proceso o la reacción es muy probable. Mientras más alejado se encuentre el valor de ΔG con respecto al cero será más o menos espontáneo el proceso, según sea el caso:



Este texto no profundizará en las leyes termodinámicas, pero con lo descrito el lector podrá entender los valores de espontaneidad que se encuentran en la bibliografía. Lo que si debe quedar bien entendido es que cada molécula orgánica apareció bajo condiciones específicas de reacción que debieron de ser favorables para incrementar su estabilidad en el medio primitivo y aunque la lógica hace pensar en un orden creciente de complejidad molecular, no es raro suponer que algunas estructuras complejas dieran origen a otras más simples, debido a que las condiciones reinantes en un determinado periodo así lo permitieron:

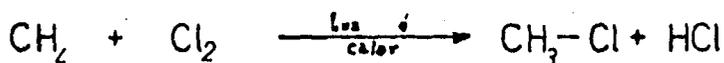


*la reacción no es posible en forma directa.

Muchos textos y publicaciones omiten el valor que tienen los halógenos en las síntesis orgánicas abióticas, pero aunque este tipo de elementos son muy oxidantes, debieron de tomar parte en la elaboración de estructuras de cadenas largas²⁵⁵:



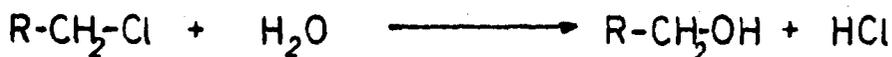
Lo más probable, es que estos elementos hubiesen existido en la tierra primitiva combinados con los metales alcalinos, alcalinotérreos u otros tantos de la tabla periódica, pero también debieron formar hidrácidos y halogenuros de alquilo, ya que las radiaciones ionizantes permiten reaccionar con gran facilidad a un alcano -- con un halógeno²²³:



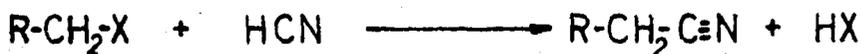
De hecho, Landsberg propuso que la tierra en un principio debió de contener cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, -- bromuro de hidrógeno, agua, metano y amoníaco²⁵⁶. De ser esto cierto, algunos alquenos podrían romper sus dobles ligaduras para formar los halogenuros correspondientes²⁵⁷:

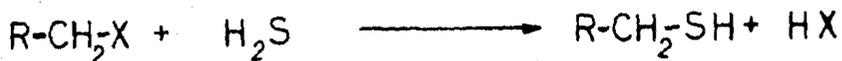


y éstos a su vez, se podrían combinar con la ayuda de catalizadores metálicos para formar cadenas más largas. En estos casos, al ser -- hidrolizados los halogenuros, pudieron formar alcoholes²⁵⁷:



o pudieron reaccionar con algunos gases para producir distintos compuestos²⁵⁷:



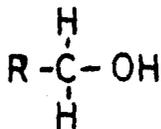


donde X es un halógeno (F, Cl, Br)

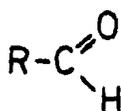
ALDEHIDOS, CETONAS, ACIDOS Y MOLECULAS NITROGENADAS

Debido a la existencia de las diferentes condiciones -- fisicoquímicas reinantes en cada punto geográfico de la tierra, es de explicarse la gran diversidad de moléculas orgánicas que se formaron desde los tiempos primitivos.

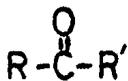
Los grupos funcionales más importantes que se encuentran presentes en las biomoléculas o que son precursores de estas últimas, son los siguientes:



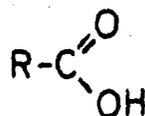
ALCOHOL



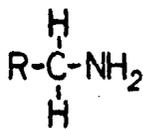
ALDEHIDO



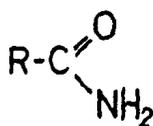
CETONA



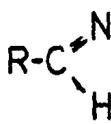
AC. CARBOXILICO



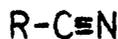
AMINA



AMIDA



IMINA



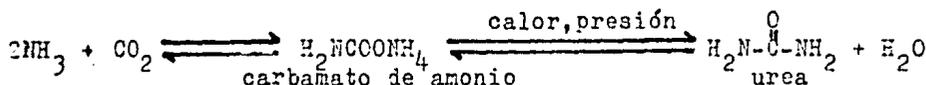
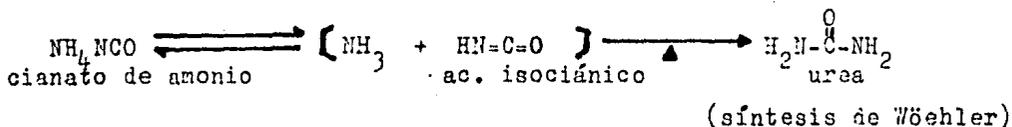
NITRILO

donde R puede ser un hidrocarburo saturado, insaturado, aromático o -- ramificado.

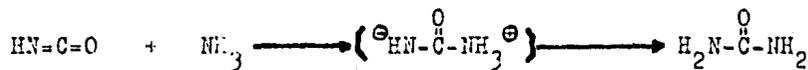
Los primeros experimentos de síntesis orgánica se realizaron con altas presiones y temperaturas, utilizando en la mayoría -

de las ocasiones catalizadores metálicos.

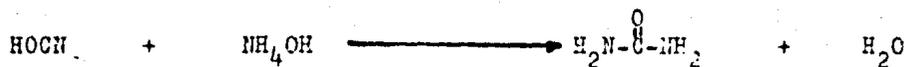
Muchas de las reacciones son endotérmicas, pero ocurren sin dificultad si sus mezclas gaseosas respectivas son expuestas a la acción de una descarga eléctrica como ocurre en el caso de la síntesis de la urea^{229, 250, 259};



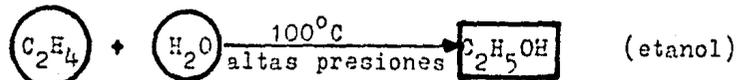
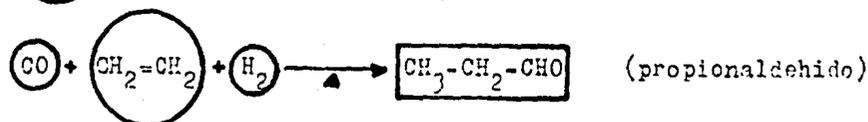
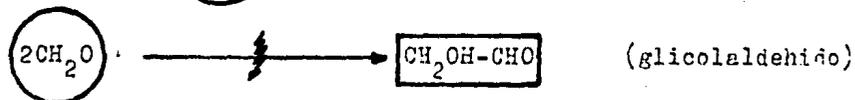
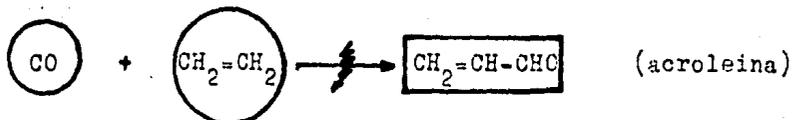
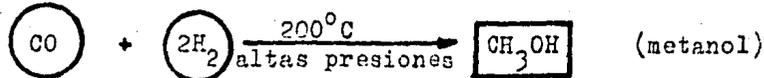
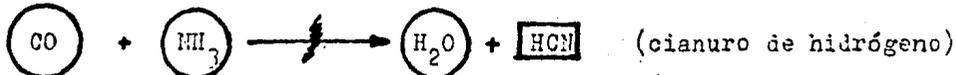
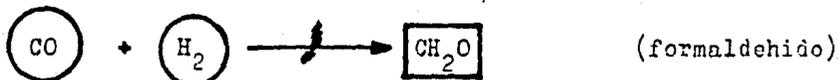
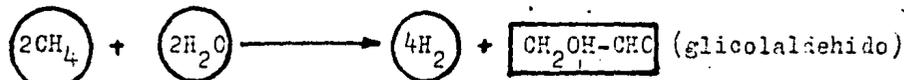
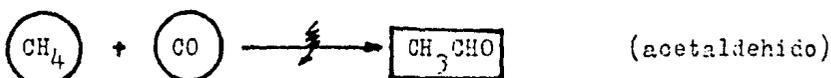
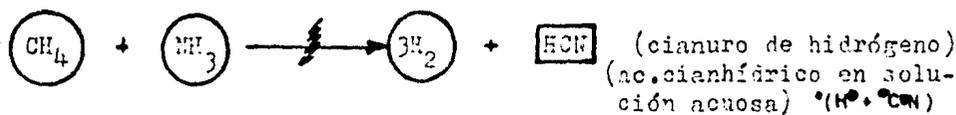
El cianógeno puede reaccionar con agua y amoníaco para formar urea en presencia de descargas eléctricas²⁵⁹:

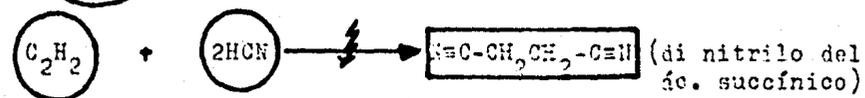
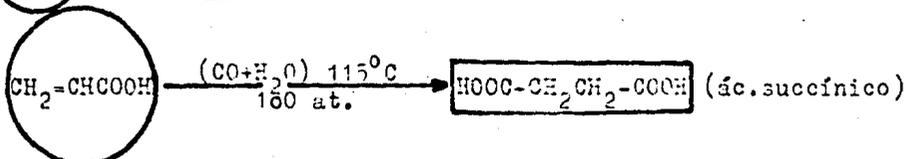
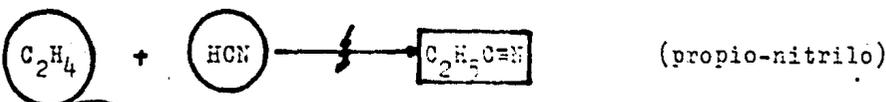
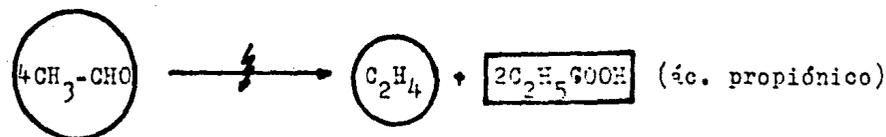
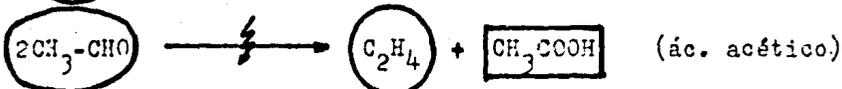
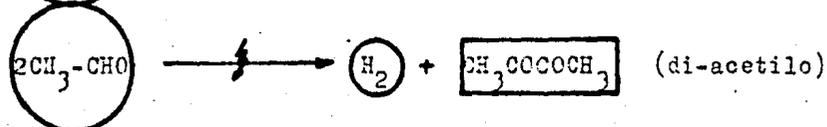
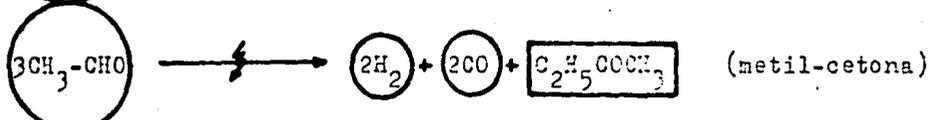
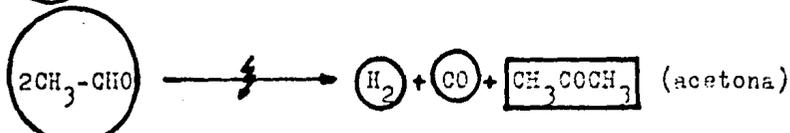
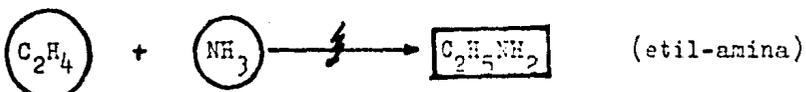
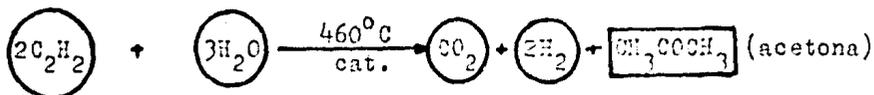
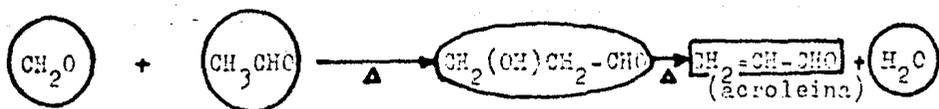


También se ha obtenido urea por irradiación del HCN en soluciones acuosas de NH_4OH ²⁶⁰:

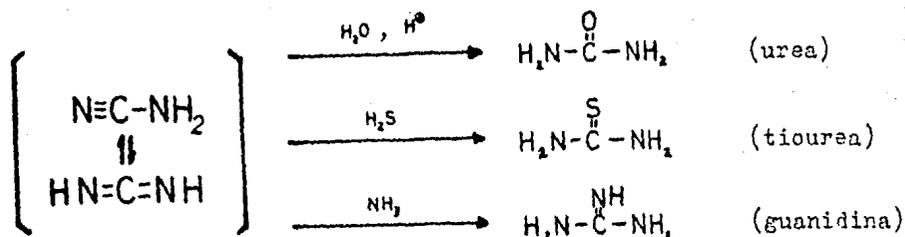


A continuación se citan algunas de las reacciones importantes de las cuales se obtienen moléculas orgánicas simples ¹²⁹:

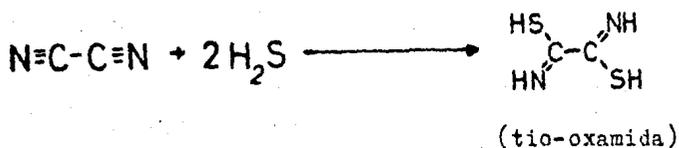
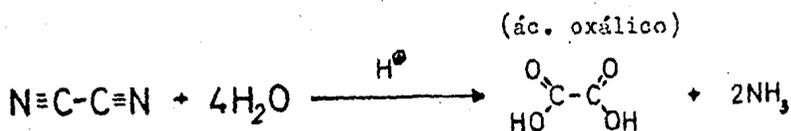




y ésta a su vez, puede formar varios compuestos²⁶³:

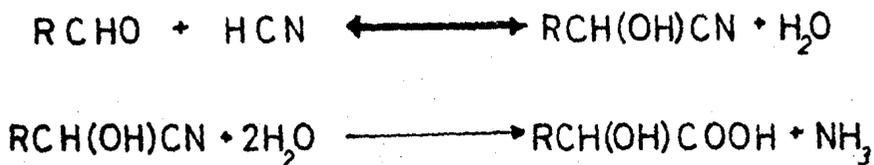


El cianógeno produce también algunas moléculas más complejas²⁶³:



Se ha comprobado que los compuestos nitrogenados tales como el cianuro de hidrógeno, cianamida, cianuro de metilo, cianógeno, cianoacetileno y otros tantos, son componentes abundantes del gas interestelar y precursores de la síntesis de amino ácidos y de bases púricas y pirimídicas .

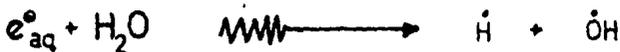
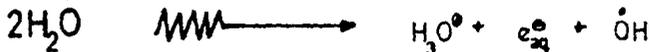
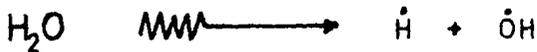
Actualmente se han podido obtener hidroxiaácidos por descargas eléctricas mediante el siguiente mecanismo²⁵⁹:



Aldehidos, cetonas y ac. carboxílicos han sido el resultado de trabajos en los cuales se utilizan radiaciones ionizantes.

En el Centro de Estudios Nucleares de la U.N.A.M. se -- realizan este tipo de trabajos^{264,265}. Se propone que, en un medio -- acuoso como el que quizá existió en los tiempos primitivos, se pudie -- ron haber llevado a cabo dos tipos de reacciones con radicales libres.

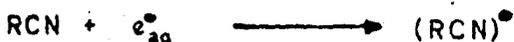
Primeramente el agua, al ser tratada con radiaciones -- ionizantes (producto de la descomposición radiactiva de metales pesa -- dos), puede formar varias entidades^{266,267,268,269} :

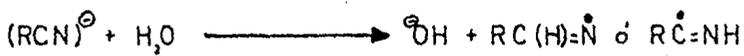


*el punto que está situado arriba del elemento, significa el elec -- trón desapareado de acuerdo a las estructuras de Lewis como se mues -- tra en el siguiente ejemplo:



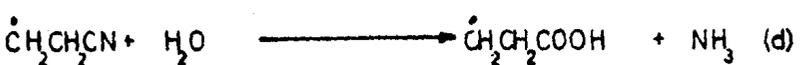
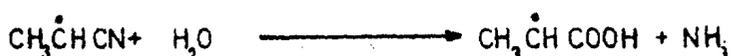
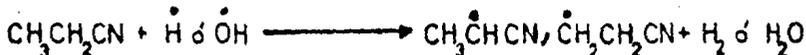
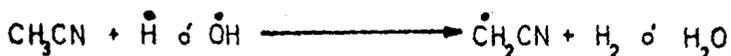
Este tipo de entidades pueden reaccionar de distinta -- manera de acuerdo a los mecanismos de adición que se proponen a con -- tinuación:



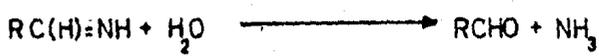
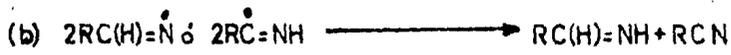
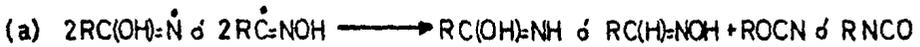


donde R = H, CH₃ ó C₂H₅

Las reacciones de abstracción pueden presentarse de la manera siguiente:

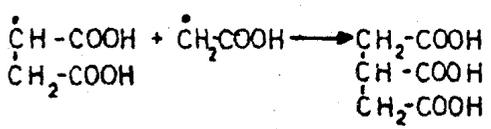
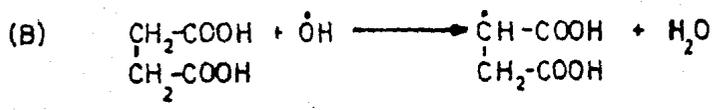
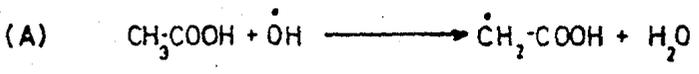


Posteriormente varios de estos radicales pueden reaccionar entre si para formar compuestos estables:





En varias ocasiones se han utilizado electrones de alta energía para sintetizar productos orgánicos. Lampe trabajó con esta técnica para la producción de hidrocarburos a partir de gas metano²⁷⁰. Garrison y colaboradores redujeron el CO₂ hasta la formación de alcoholes²⁷¹ y dos años después, irradiaron ácido acético y ácido succínico en solución acuosa para obtener ácidos carboxílicos de estructura más compleja²⁷²:

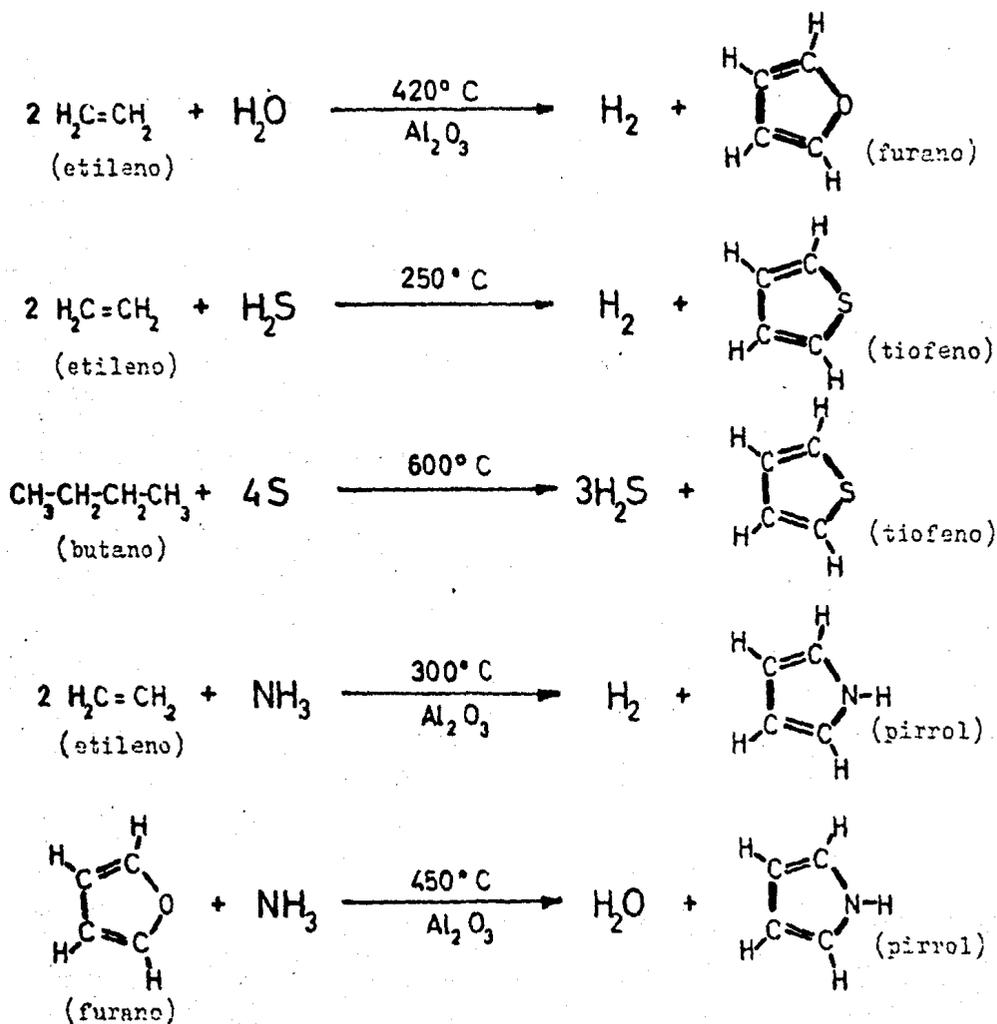


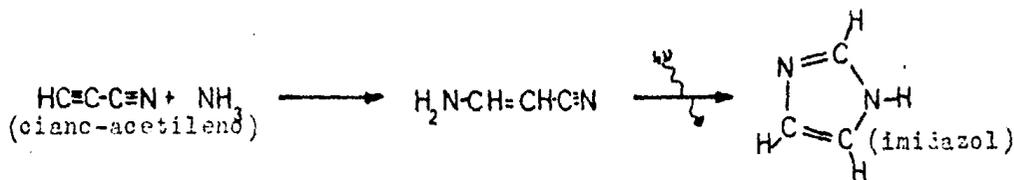
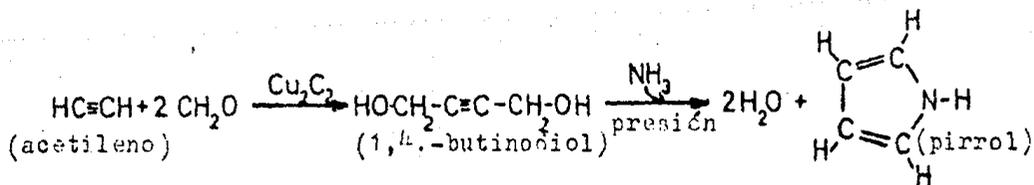
Hasselstrom y Malcom en 1956 lograron obtener ácido oxálico (HOOC-COOH) a partir de soluciones acuosas de bicarbonatos de amonio, calcio y sodio, utilizando radiaciones β y γ ²⁷³.

MOLECULAS CICLICAS

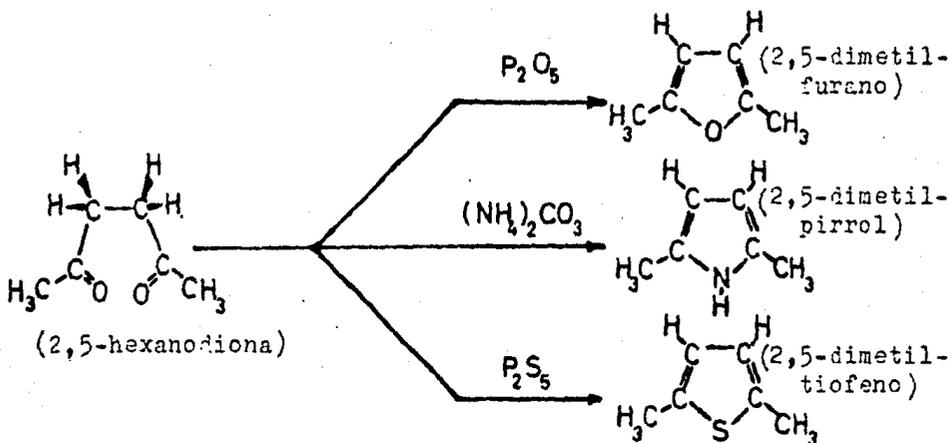
Las estructuras cíclicas tienen gran importancia para la producción de biomoléculas de estructura compleja. Un claro ejemplo son los grupos porfirínicos de las moléculas de clorofila y hemoglobina.

Las entidades moleculares que tienen en su estructura dobles o triples ligaduras, pueden dar lugar a diversos compuestos cíclicos ^{129,253,274}:

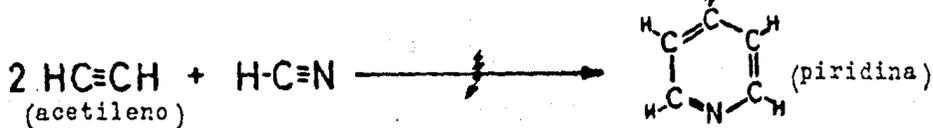
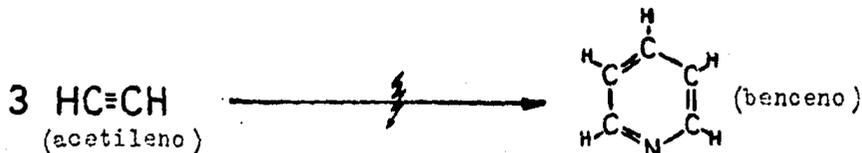


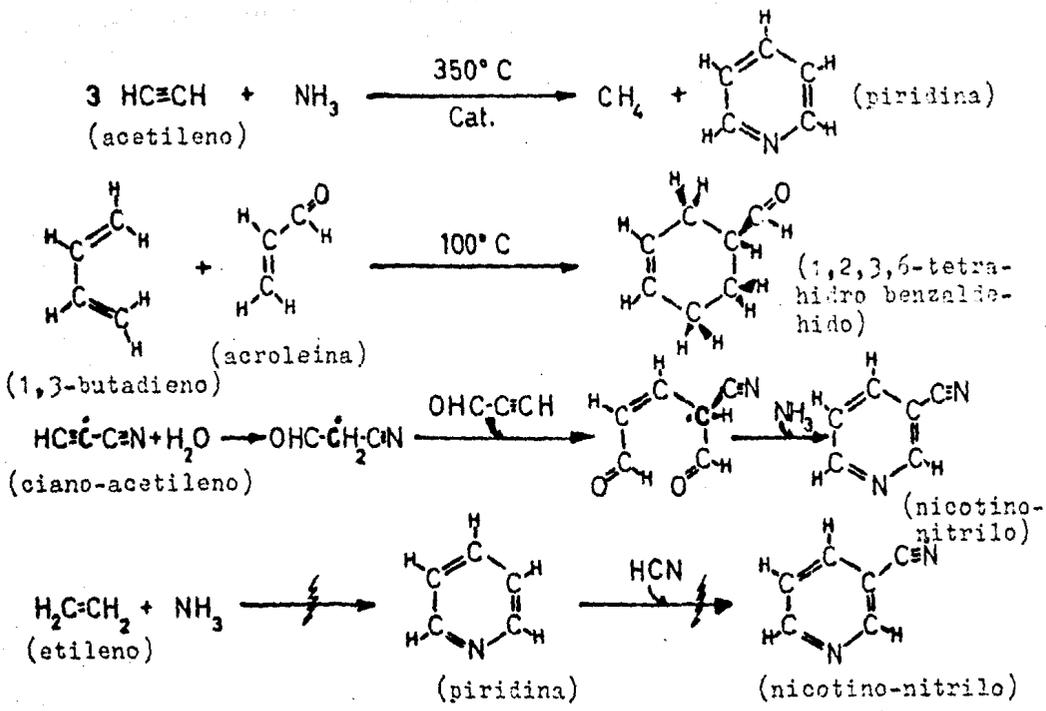


Otros compuestos se pueden ciclar con temperaturas de 100°C o mayores ^{275,276} :



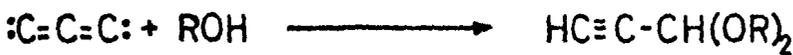
Los ciclos de seis átomos de carbono pueden obtenerse - de acuerdo a las siguientes reacciones ^{129,259,263,277} :



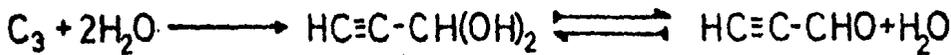


Dowler y colaboradores propusieron en 1970 un mecanismo para explicar la formación de propionaldehído y nicotinamida²⁷⁸:

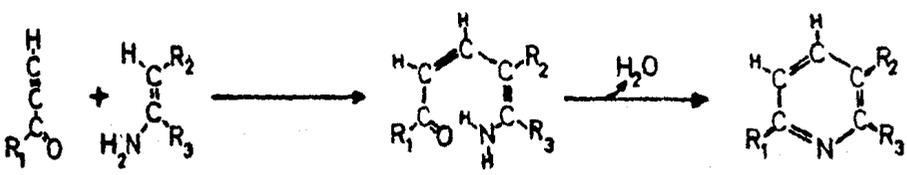
Primeramente, el carbono triatómico (C₃) reacciona con los alcoholes para dar diacetales de propionaldehído:



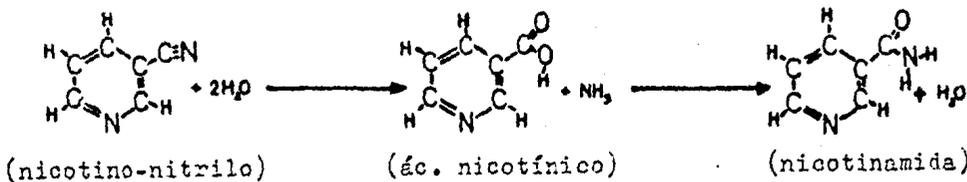
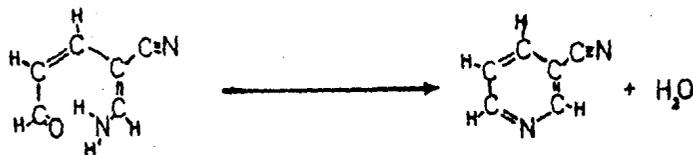
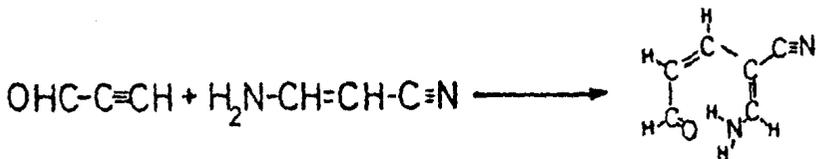
con el agua reacciona de la manera siguiente:



después, este aldehído puede combinarse con otros compuestos:

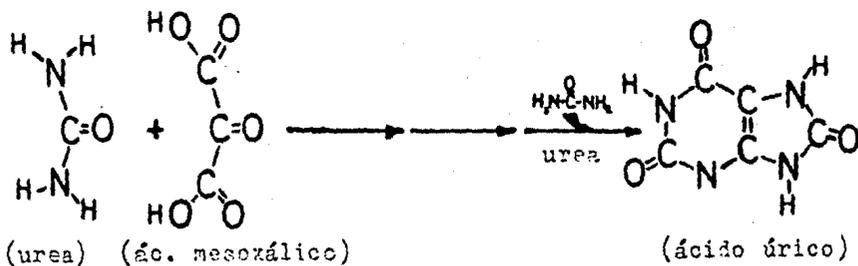


por lo tanto, se puede obtener nicotinamida de acuerdo a las siguientes ecuaciones:



En 1971 Friedmann, Miller y Sánchez lograron preparar derivados del ac. nicotínico en condiciones abióticas ²⁷⁷.

Por otro lado, es posible la obtención de ciclos más complejos como lo es el ac. úrico a partir de urea ¹²⁹:



este ácido puede transformarse en diversas bases púricas en condiciones reductoras.

SINTESIS DE AMINO ACIDOS

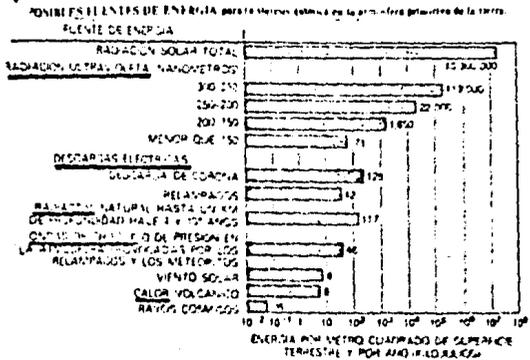
Como ya es sabido, en la atmósfera primitiva se formaron varios compuestos a partir de H₂, CH₄, NH₃, H₂O, H₂S, HCN y más tarde de CO y N₂ bajo la acción de las descargas eléctricas, altas temperaturas, radiaciones cósmicas, ionizantes, U.V. e incluso por ondas de choque producidas por meteoritos ^{279,280}.

Estos productos pasaron a formar parte de la hidrósfera al ser arrastrados por la lluvia y una vez allí, sufrieron posteriores modificaciones y un incremento ulterior en su complejidad. Por otro lado, es necesario señalar que las condiciones del medio acuoso permitieron a estos procesos de síntesis, tener ciertas peculiaridades.

También se han descrito las ventajas de utilizar descargas eléctricas para la producción de biomoléculas, ya que esto implica la posibilidad de síntesis orgánica a bajas temperaturas y sin catalizadores.

La luz ultra violeta, jugó un papel muy importante en la elaboración de moléculas complejas, pero en otros casos fué letal para ciertos compuestos. En la hidrósfera, sin embargo, esta acción debió de estar confinada a sus niveles más superficiales dada la relativa opacidad del agua frente a este tipo de radiación ¹²⁹. También es importante hacer notar que este tipo de energía se distingue por su carácter altamente selectivo, que a menudo afecta exclusivamente a una zona muy limitada de la molécula irradiada.

La tabla que a continuación se muestra, señala los distintos tipos de energía utilizada para desarrollar experimentos de síntesis abiótica ¹⁶:



Desde 1828, hasta la época actual, se han obtenido infinidad de moléculas orgánicas a partir de materiales inorgánicos, pero quizá, el experimento más reelevantante que apoya fuertemente la teoría de Haldane-Oparin, es el de Stanley L. Miller al diseñar un aparato con el cual pudo reproducir (en forma de un modelo experimental), las condiciones ambientales de los tiempos primitivos²⁰².

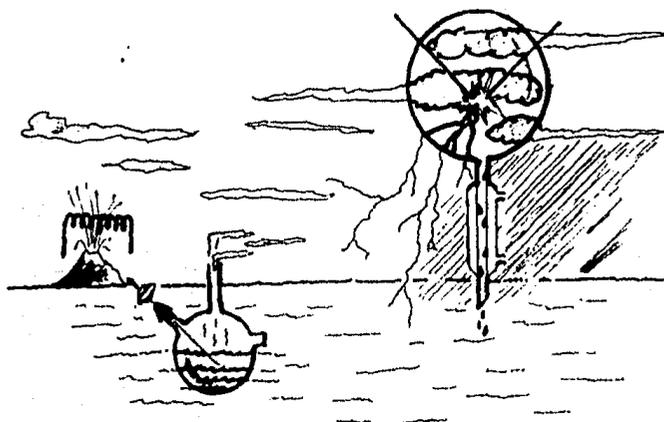


S. MILLER²⁰³

Siendo discípulo de Urey en la universidad de Chicago y realizando una tesis doctoral, Miller pensó en la posibilidad de obtener amino ácidos por medio de chispas eléctricas^{203,204,205}. Hasta entonces todos los trabajos de este tipo, habían ido encaminados a la fabricación de moléculas orgánicas de distinta naturaleza (tabla # 3), pero no se había dado verdadera importancia a la síntesis de biomoléculas en condiciones abióticas similares a las existentes en los tiempos primitivos.

W. Löb en 1913 ya había obtenido glicina a partir de una mezcla de gases inorgánicos (CO , NH_3 y H_2O) por medio de las descargas eléctricas, pero desgraciadamente su publicación se pasó por alto²⁰⁶.

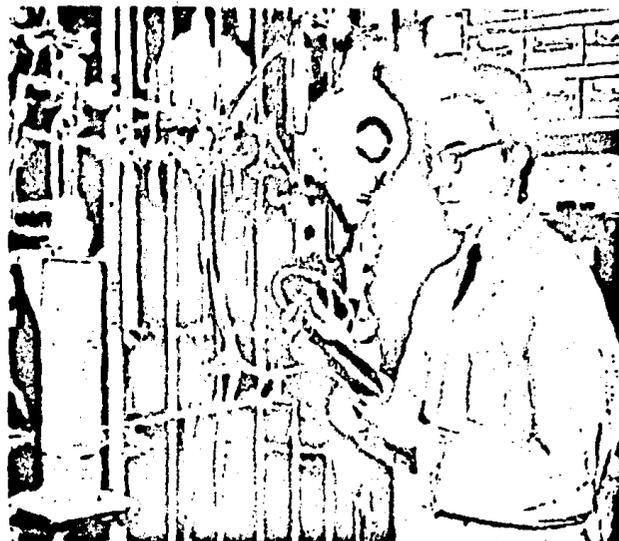
En 1952, Miller diseñó un aparato de vidrio que contenía un océano modelo, una atmósfera y un condensador para producir lluvia:



El aparato tenía una bobina "Tesla" para detectar fugas en la tubería de vacío y los electrodos de tungsteno producían una corriente de alta frecuencia (60 mil voltios).

Al asegurarse que el aparato no tenía fugas (para evitar mezclas explosivas), lo llenó de agua, metano, hidrógeno y amoníaco²⁶³.

Fué muy importante introducir esta mezcla, ya que se trataba de reproducir la atmósfera reductora propuesta por Oparin y Urey, debido a que es más fácil sintetizar un compuesto



MILLER Y SU APARATO⁷⁹

orgánico de interés biológico partiendo de los componentes de una atmósfera oxigenada, porque existen menos ligaduras que romper o recombinar, además, el metano es ya un compuesto orgánico que hace más fácil el proceso de síntesis de una molécula orgánica más compleja, no siendo así para el bióxido de carbono que es una molécula inorgánica.

Por otra parte, el oxígeno con la ayuda del calor o de chispas eléctricas, oxidaría a los compuestos recién formados para transformarlos en CO_2 y agua.

De acuerdo con Miller, la secuencia de formación de los compuestos señalados podía ser explicada de doble manera a saber²⁶³:

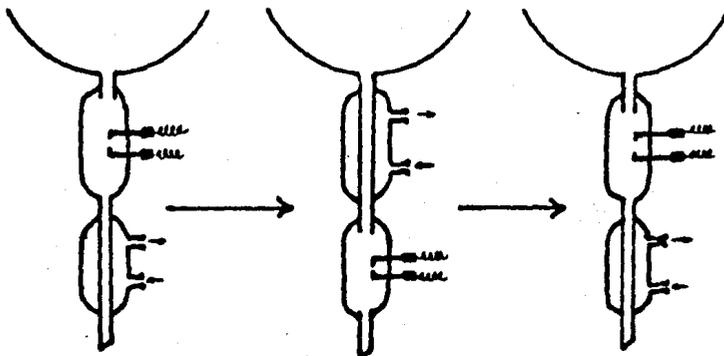
.) La descarga provocaría la síntesis del ácido cianhídrico, aminas, aldehydos, alcoholes, la mayor parte de los ácidos volátiles y los acrílo nitrilos. Los amino ácidos, oxiácidos, parte de los ácidos grasos y los polímeros, surgirían en el seno de la solución.

.) Todas las substancias indicadas se formarían en la -

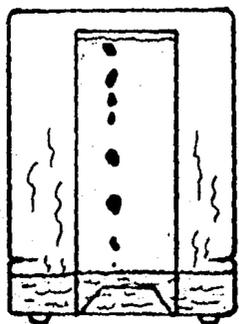
fase gaseosa durante la descarga, mediante reacciones entre radicales libre y iones.

Después de tener en mente estas ideas, Miller conectó la descarga eléctrica de su aparato durante toda la noche y calentó el agua de la retorta lo suficiente para que evaporara suavemente y hubiese un flujo continuo de gases por todo el aparato. El artefacto descrito no debería calentarse demasiado ya que se podía producir un estallido del mismo por el aumento de presión ($P/T = P'/T'$ Ley de Charles, donde el volumen es constante).

Al principio, creyendo que la chispa eléctrica podía -- provocar una explosión, el investigador cambió de lugar el condensador y los electrodos, pero aunque logró obtener algunos hidrocarburos, no pudo descubrir la presencia de amino ácidos.



Cuando regresó al diseño original y lo hizo trabajar durante dos días bajo una corriente eléctrica continua, pudo observar que en la superficie del agua no se habían acumulado hidrocarburos -- visibles, pero la solución era de un color amarillo pálido.



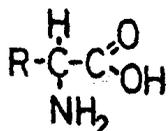
Fenol (0.3% NH₃)

Tomó una muestra y la analizó por -- cromatografía unidimensional en papel. Esta técnica consiste en poner una gota -- de la solución problema en un punto de -- origen y se le permite que en una cámara saturada de disolvente en estado gaseoso, suba o baje el disolvente de elección has -- ta el final de la tira, de tal manera que

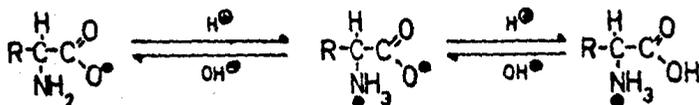
los distintos compuestos que existan en el punto de partida, se desplazan a diferentes velocidades dependiendo de su afinidad por el disolvente de elección. Posteriormente se rocía el papel con ninhidrina y si aparecen manchas de color rojizo-moradas, es señal de la presencia de amino ácidos.

Miller pudo observar que la mancha correspondía al patrón de glicina que es el amino ácido más sencillo.

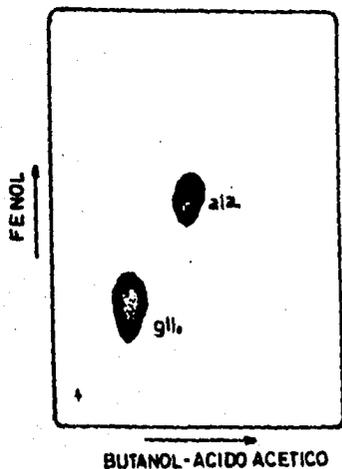
Los amino ácidos (ver tabla #8)⁴⁴ son los componentes principales de las proteínas y presentan la siguiente estructura general :



dependiendo del medio en que se encuentren, se pueden ionizar de distinta manera:



Habiendo obtenido glicina, posteriormente y por indicaciones de Urey, dejó su aparato trabajando durante varios días. La solución cambió a un color rojo profundo y luego a un café amarillento que oscureció un poco al rojo.



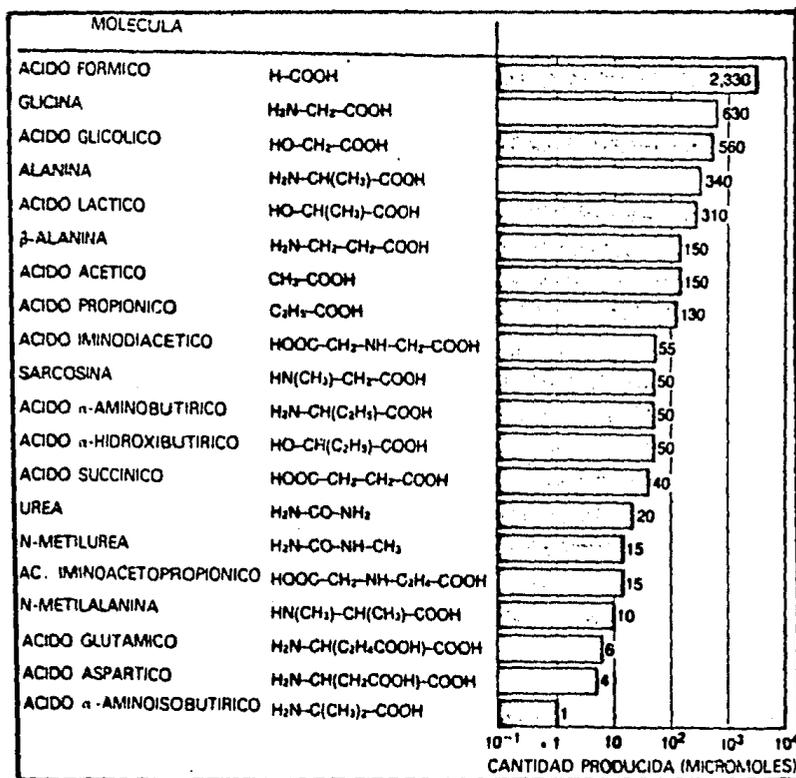
Después realizó un análisis de los productos por cromatografía bidimensional en papel, que en realidad tiene el mismo fundamento explicado con anterioridad para la cromatografía unidimensional, solo que en este caso, una vez que se han corrido las sustancias en una dirección, el papel se gira 90° y se vuelve a correr la muestra, de preferencia con otro disolvente orgánico o con una mezcla de disolventes.

En este caso, Miller pudo identifi--

car glicina, α -alanina, β -alanina, ac. aspártico y ac. α -amino-butírico.

El 15 de Mayo de 1953 publicó en Science su trabajo sin imaginar la gran aceptación que tendría este modelo experimental⁷⁶

La siguiente tabla da a conocer los compuestos orgánicos identificados por Miller y Urey en trabajos posteriores¹⁶ :

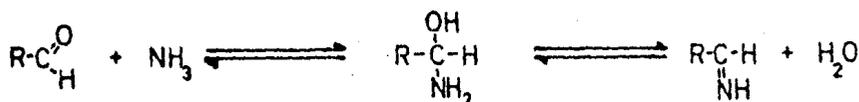


Para este tipo de trabajos se propuso que el mecanismo por el cual se sintetizan los amino ácidos, es la condensación de -- Strecker.

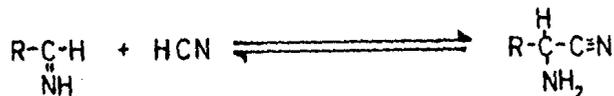
En este caso, el agua reacciona con el metano para dar lugar a diversos aldehidos y el metano en combinación con el amoníaco, produce cianuro de hidrógeno (que en medio acuoso se le llama -- ácido cianhídrico). Estos productos al reaccionar con el amoníaco,

dan como resultado el siguiente mecanismo²⁵⁹ :

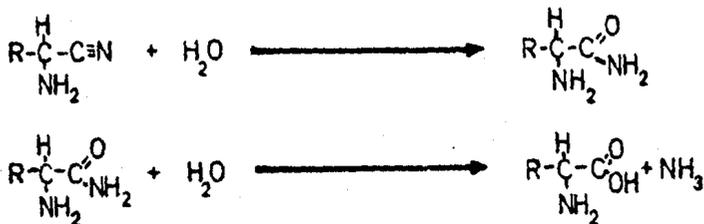
.) En primer lugar, el amoníaco se une al aldehído para dar origen a una imina:



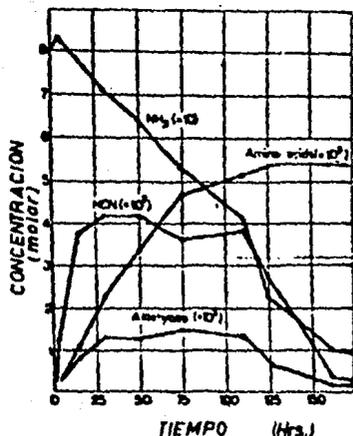
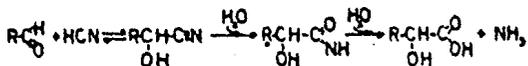
.) Después, el segundo estado es una adición del cianuro de hidrógeno a la imina, formando así, un amino nitrilo:



.) Las anteriores, son reacciones reversibles, pero al hidrolizar el nitrilo, el proceso se vuelve irreversible:



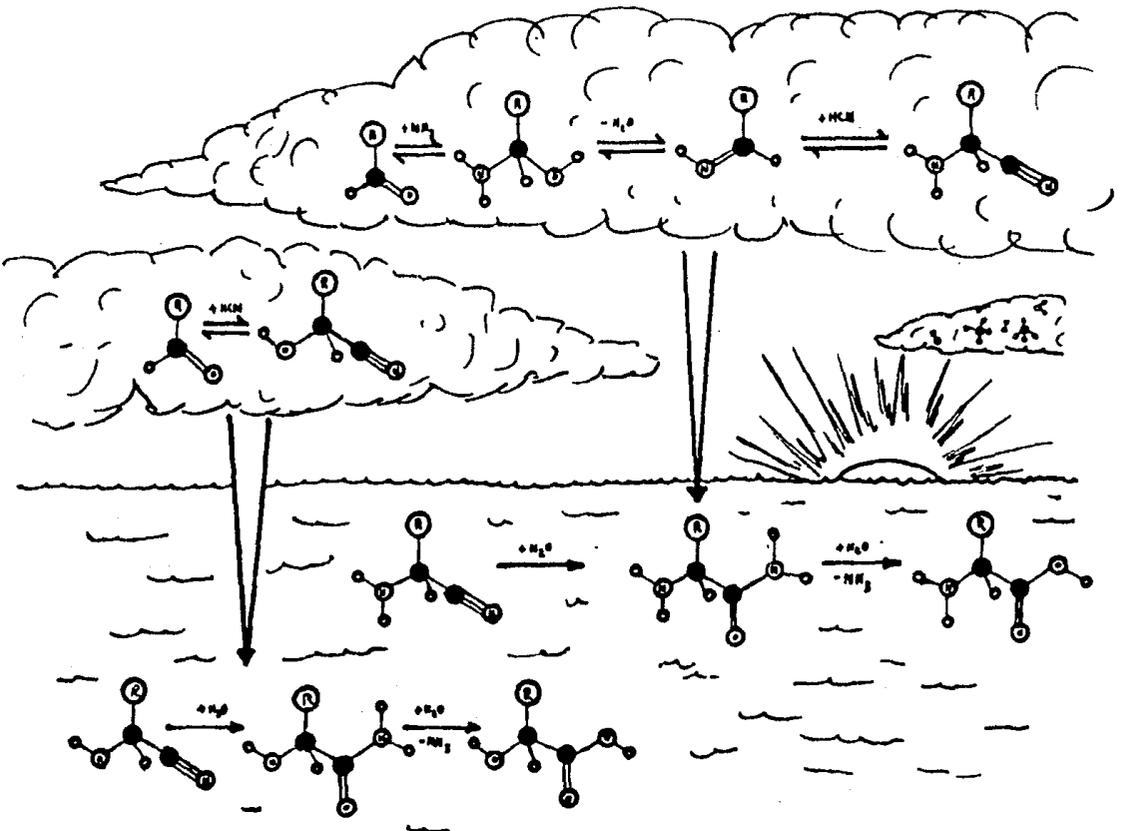
pero también, una serie paralela de reacciones, explica la formación de los hidroxiácidos:



Miller complementó su trabajo con una gráfica en la cual mostraba las concentraciones de los distintos compuestos formados. Como se puede observar en la figura de la izquierda, las concentraciones de los gases bajan rápidamente, pero después de un tiempo aumenta la cantidad de aldehídos y de cianuro de hidrógeno, posteriormente disminuyen éstos pero se incrementan las concentraciones de amino --

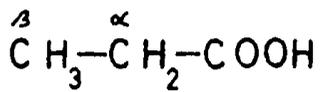
ácidos ^{44,82,284}.

Esto también debió de ocurrir en la tierra primitiva. Los gases de la atmósfera se combinaron rápidamente para dar lugar - a los compuestos orgánicos que pasaron a formar parte de la hidrósfe_{ra} ¹⁶ :



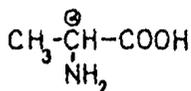
Por otro lado, aunque en este experimento se aplica el mecanismo de la síntesis de Strecker, no todos los amino ácidos se - originan por este tipo de reacciones como se puede observar en el si_guiente caso:

Para los ácidos carboxílicos, los carbonos adyacentes - al grupo funcional, se designan con letras griegas (α , β , etc.)

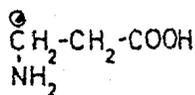


en el caso de la alanina, el grupo amino puede encontrarse en cual-
quiera de los dos carbonos:

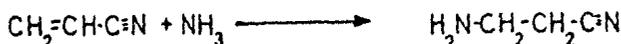
α -alanina



β -alanina



El mecanismo que explica la aparición de la β -alanina -- podría ser el siguiente⁸⁰:



o bien:

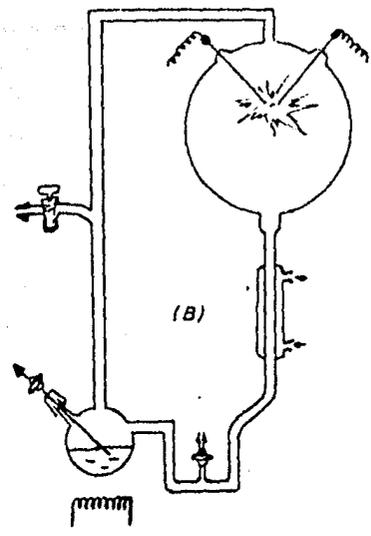
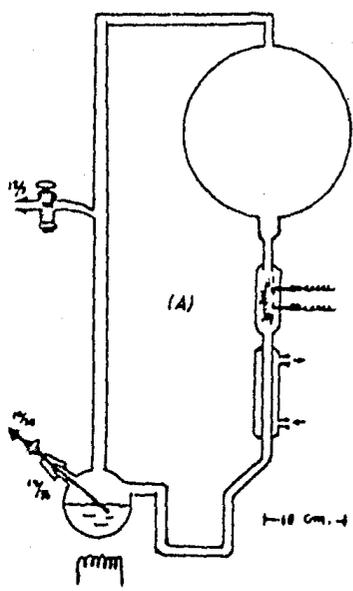


Stanley L. Miller no probó que la vida se originó en la tierra, pero su trabajo vino a reforzar la teoría de Oparin y aunque se ha demostrado la existencia de algunos amino ácidos en meteoritos, su experimento ha dado el apoyo necesario para pensar que las moléculas orgánicas han seguido una "evolución" gradual en orden creciente de complejidad y que de hecho, es posible obtener biomoléculas a partir de sustancias inorgánicas, siempre y cuando, las condiciones físicoquímicas permitan que el proceso se lleve a cabo.

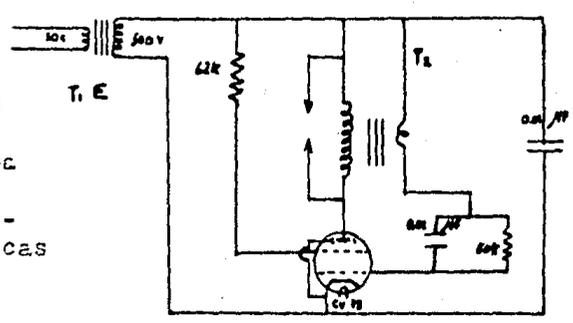
Posteriormente sus experimentos fueron confirmados por Abelson⁶⁵ (quien utilizó mezclas de $\text{CO}_2-\text{N}_2-\text{H}_2-\text{H}_2\text{O}$, $\text{CO}-\text{H}_2-\text{N}_2-\text{H}_2\text{O}$, $\text{CO}_2-\text{NH}_3-\text{H}_2-\text{H}_2\text{O}$, $\text{CH}_4-\text{NH}_3-\text{H}_2\text{O}$), por Heyns, et. al.²⁹ y por Hough et. al.²⁸⁸.

Además sus trabajos han servido como base para investigadores americanos (Oró, Ponnamperuma, Urey, Sánchez, Calvin, etc.), europeos (Heyns, Groth, Von Weyssenhoff), rusos (Oparin) y otros.

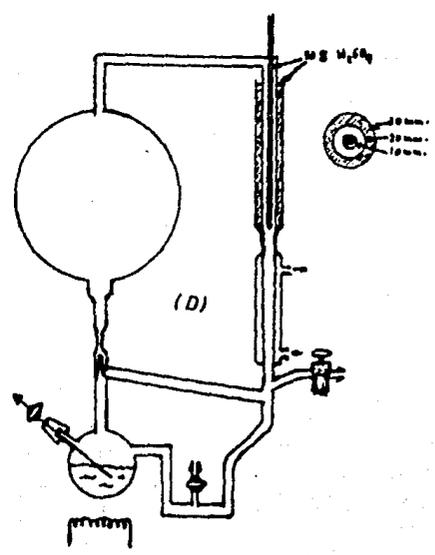
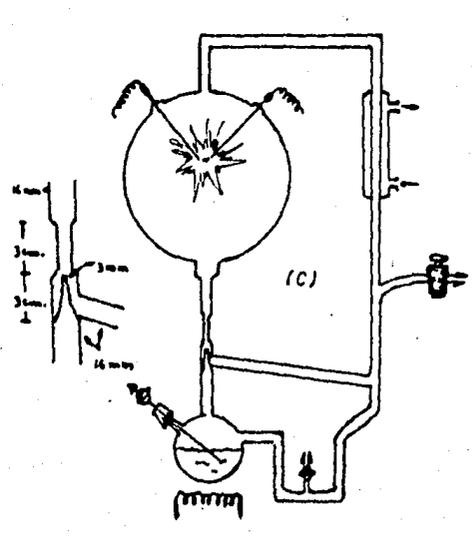
A continuación se muestran las variantes o modificaciones que ha sufrido el aparato de descargas eléctricas:



A), B) y C) son aparatos que producen chispa eléctrica ^{44,76,80}. D) produce descargas eléctricas silenciosas ⁸⁰.

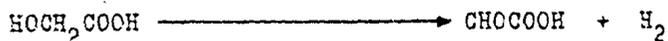
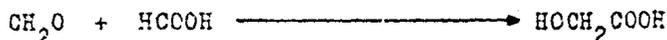
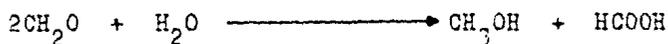


El circuito E), mantiene en forma continua la chispa eléctrica ²⁰⁰.

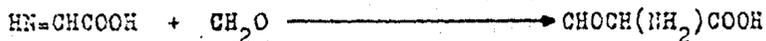
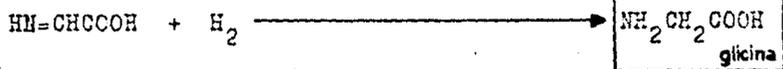
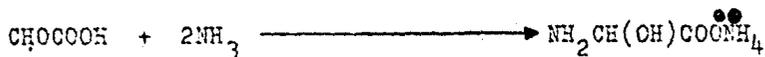


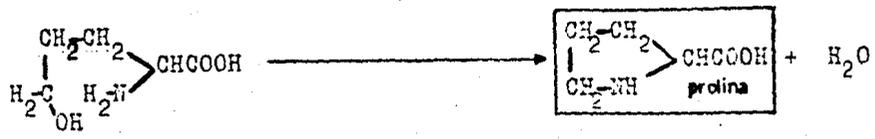
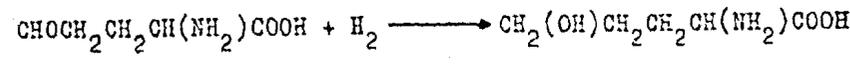
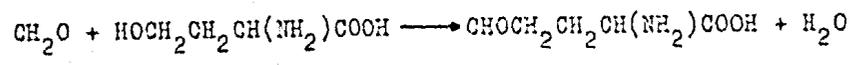
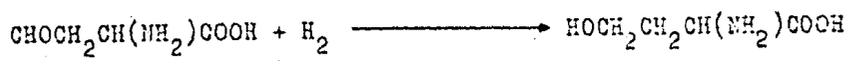
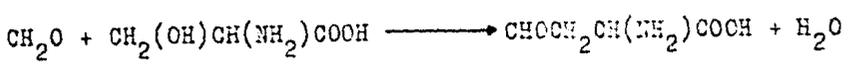
Por fotosíntesis abiótica, Baly y colaboradores, lograron obtener varios compuestos nitrogenados a partir de nitratos y CO_2 ²⁸⁹.

K. Bahadur sintetizó varios amino ácidos mezclando una solución acuosa de paraformaldehído con nitrato de potasio en presencia de cloruro férrico ²⁹⁰ u otros catalizadores ²⁹¹, tras exponerla durante ochenta horas a la luz directa del sol. El mecanismo propuesto es el siguiente ²⁹:



los nitratos al reducirse con el aldehído, forman amoníaco y las reacciones continúan hasta la formación de amino ácidos:



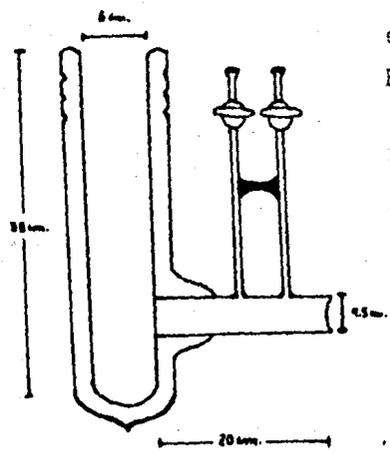


Sin embargo, la publicación de este trabajo no indica que tan ciertas sean las reacciones propuestas.

Dose y Rajinsky utilizaron rayos X en mezclas de CH_4 , CO_2 , NH_3 , N_2 , H_2O y H_2 ¹⁰⁶.

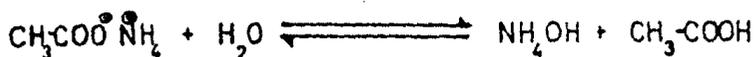
Algunas sales de amonio han sido tratadas con radiaciones²⁹² y otra clase de sustratos, con electrones de alta energía¹⁰⁶. En todos estos trabajos se observó la aparición de amino ácidos.

Hasselstrom y colaboradores, usaron radiaciones β en soluciones acuosas de acetato de amonio para obtener las sales de glicina y del ac. aspártico mediante las siguientes reacciones²⁹³:

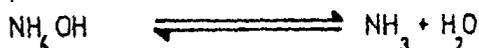


Aparato "Pyrex" usado para irradiación en fase sólida¹⁰⁶.

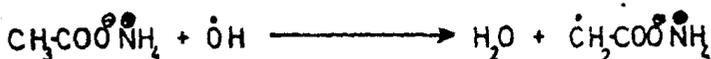
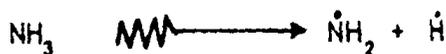
El acetato de amonio en solución, produce el siguiente equilibrio:



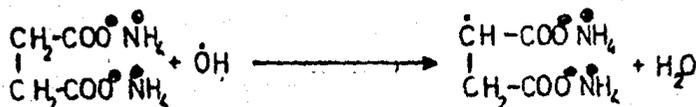
pero el hidróxido de amonio, se puede descomponer en amoníaco:

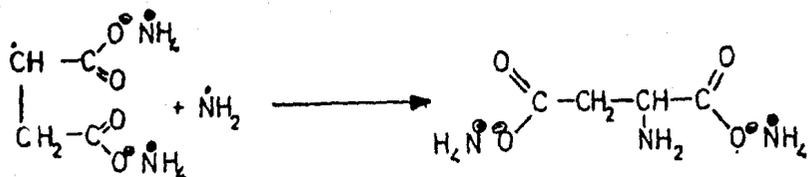


La irradiación de soluciones de acetato de amonio puede producir radicales libres:



combinando las diferentes ecuaciones, se obtienen los siguientes productos:

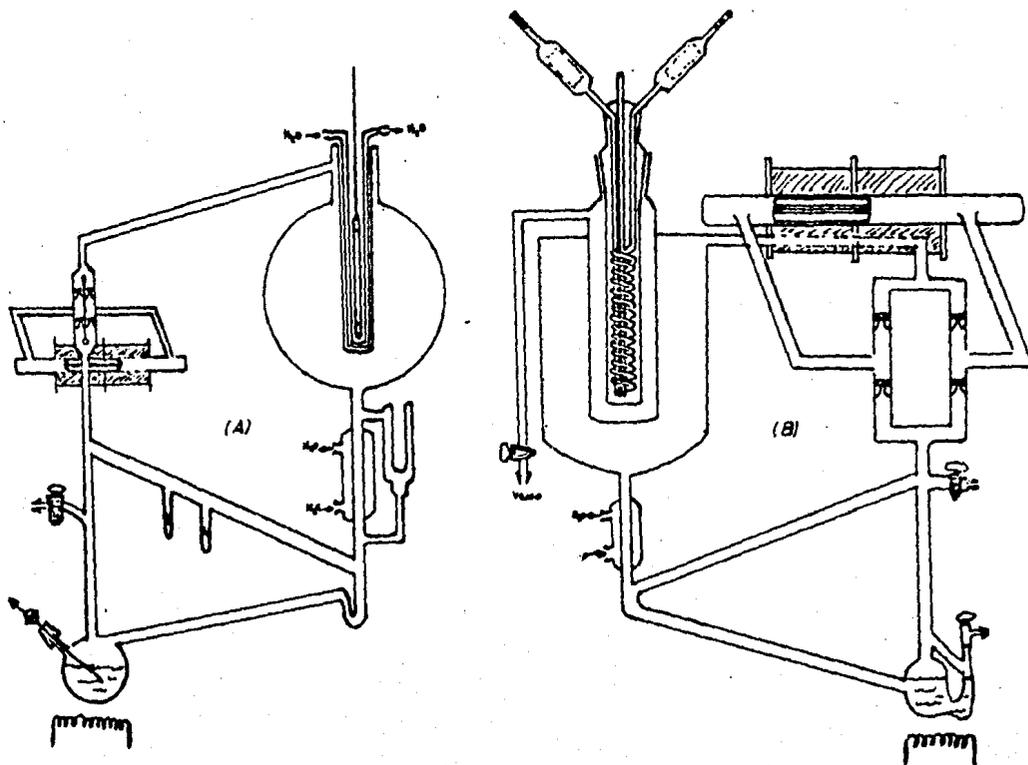




aspartato de amonio

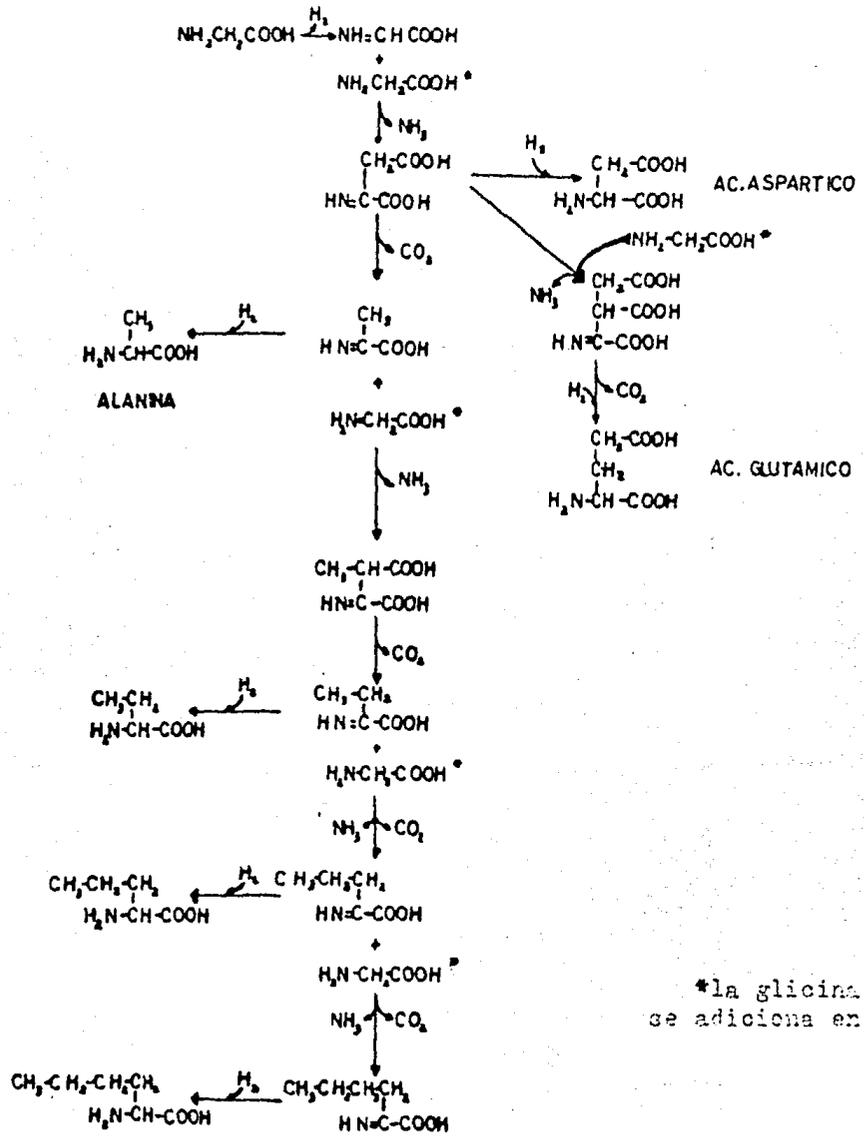
En otros casos se ha utilizado luz U.V. de distintas longitudes de onda para obtener amino ácidos^{294,295}.

C. Sagan y B. Khare diseñaron dos aparatos parecidos al descrito por Miller, solo que en esta ocasión, la fuente de energía fué una lámpara que producía radiación U.V. En distintos experimentos utilizaron mezclas de H₂S, H₂O, CH₄, NH₃ y de CH₄, C₂H₆, NH₃, H₂S a elevadas o a bajas temperaturas, obteniendo excelentes resultados con sus pruebas^{296,297}.



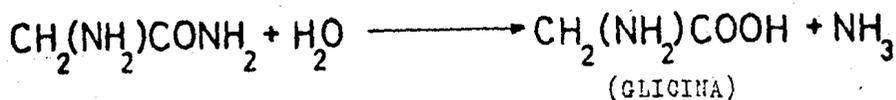
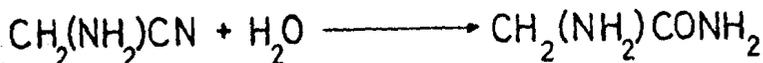
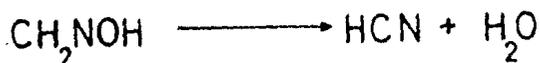
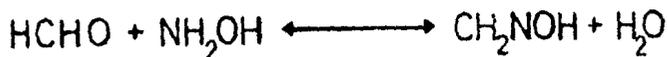
Otros investigadores han preferido calentar mezclas de distintos compuestos bajo diferentes condiciones de laboratorio ^{298,299}.

Ivanov y Slavcheva sintetizaron algunos amino ácidos a partir de glicina, utilizando una base de carbonato de manganeso y alúmina a 240° C. ⁹³ :



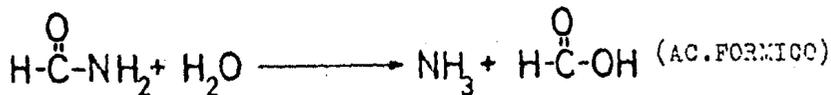
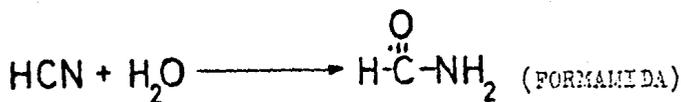
*la glicina (H₂N-CHCOOH) se adiciona en cada reacción.

Oró y colaboradores en 1959 utilizaron hidroxilamina y formaldehído proponiendo el mecanismo que a continuación se presenta³⁰⁰ :



Los nitrilos, el cianógeno y otros compuestos que tienen la fórmula general R-C≡N son precursores de amino ácidos como lo pueden demostrar varios de los trabajos citados en la bibliografía⁵².

El HCN puede transformarse rápidamente en varias entidades²⁵⁹ :

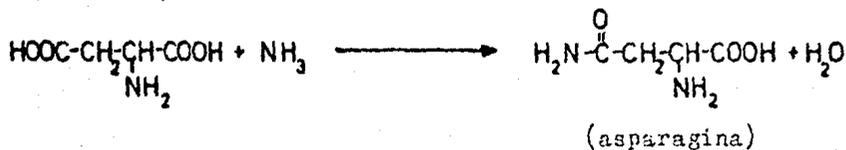
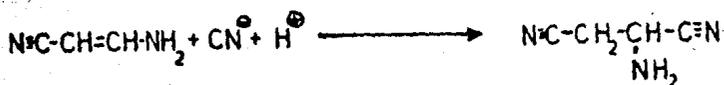


también puede formar trímeros o tetrámeros²⁵⁹ :

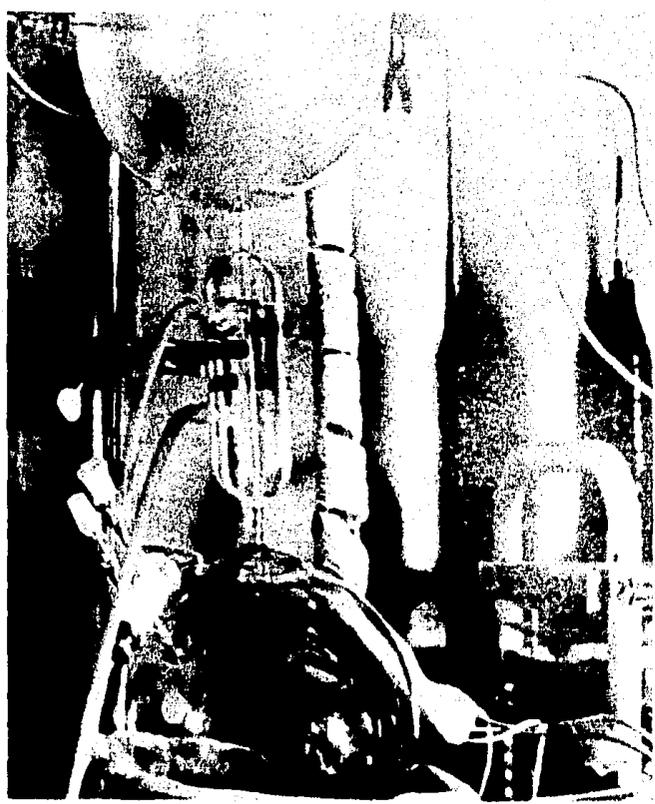
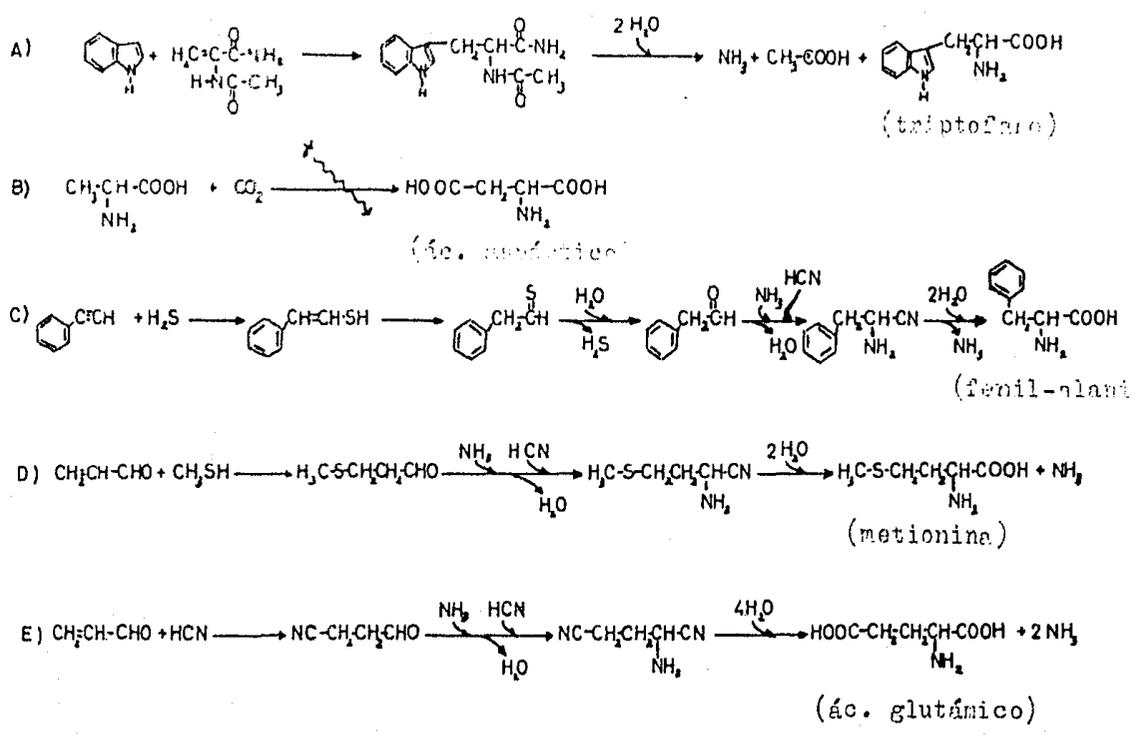




Con descargas eléctricas en mezclas de metano y nitrógeno, se puede obtener el cianoacetileno, el cual puede reaccionar con amoníaco y producir el nitrilo del ac. aspártico y éste, puede dar origen a la asparagina y al ac. aspártico²⁶²:



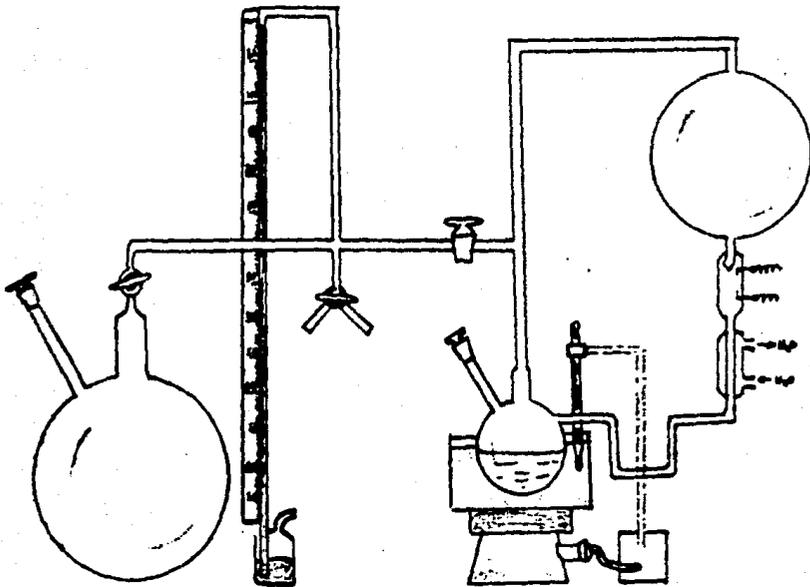
Otros amino ácidos se pueden obtener mediante las siguientes reacciones²⁶⁹:



*aparato de chispa eléctrica continua en plena acción. (variación al diseño original de Miller).

Uno de los principales problemas con que se enfrentaron Miller y otros investigadores, fué el de la producción de los amino ácidos que contienen azufre en su estructura, como es en el caso de la metionina y de la cisteína.

Heyns, Walter y Meyer, diseñaron un aparato como el que se muestra en la figura²⁸⁷:



Colocaron en el sistema mezclas de CH_4 , NH_3 , H_2O y H_2S pero obtuvieron tioacetamida, tiocianato de amonio, tiourea, algunos amino ácidos y diferentes compuestos orgánicos, pero no encontraron ni metionina, ni cisteína.

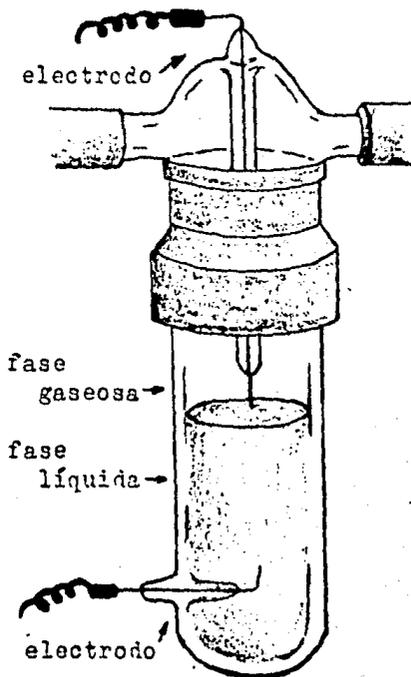
Posteriormente Choughuley y Lemmon, bombardearon con -- electrones una mezcla de CH_4 , H_2S y NH_4OH en solución, pero solamente pudieron obtener ac. cistético $HO_3SCH_2CH(NH_2)CO_2H$, taurina $HO_3SCH_2CH_2NH_2$ y cistamina $(SCH_2CH_2NH_2)_2$ ³⁰⁷.

Dos años más tarde, Steinman, Smith y Silver, irradiando con luz U.V. una solución de tiocianato de amonio (NH_4SCN), produjeron metionina ($\text{H}_3\text{CSCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$)³⁰².

La obtención de este amino ácido se llevó a cabo también por Van Trump y Miller en 1972³⁰³.

Utilizando el tubo de descargas eléctricas mostrado en la figura de la derecha, con fases gaseosa y líquida, Steinman obtuvo excelentes resultados³⁰⁴,

Con atmósfera de CO_2 y alanina en solución, sintetizó ácido aspártico de acuerdo a la ecuación # 1. Con atmósfera de nitrógeno y sulfuro de sodio mezclado con alanina en solución acuosa, sintetizó cisteína según la ecuación # 2:



*proveniente del Na_2S

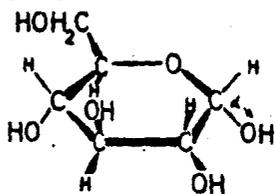
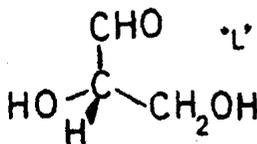
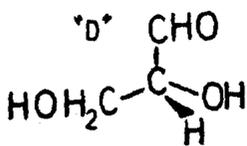
Años más tarde, Khare y Sagan obtuvieron este mismo amino ácido con la ayuda de la radiación U.V.²⁹⁶

AZUCARES

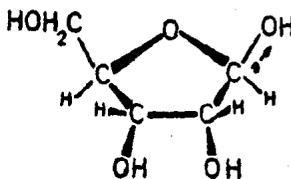
Los monosacáridos son biomoléculas claves para el metabolismo celular, ya que de estos compuestos se obtiene energía, pero además, son los eslabones de polímeros tales como la celulosa y el almidón o bien, forman parte de los ácidos nucleicos y de moléculas energéticas como el ATP³⁰⁵.

Los azúcares de mayor interés biológico provienen del D-gliceraldehído³⁰⁶ y de estos, los más importantes son la glucosa y la ribosa³⁰⁶:

GLICERALDEHIDO



α -D-GLUCOSA



β -D-RIBOSA

La tabla # 9 muestra algunos de los monosacáridos que se derivan del D-gliceraldehído³⁰⁶.

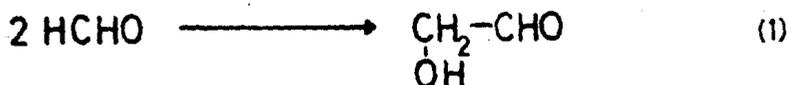
Este tipo de biomoléculas pueden obtenerse a partir del formaldehído cuando se le calienta mezclándolo con carbonato de calcio en medio alcalino^{307, 308, 309}.

El formaldehído puede dar lugar a un alcohol mediante la reacción de Cannizzaro^{310, 311}:

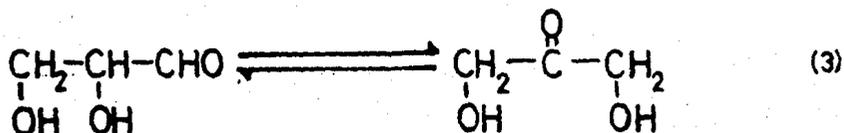
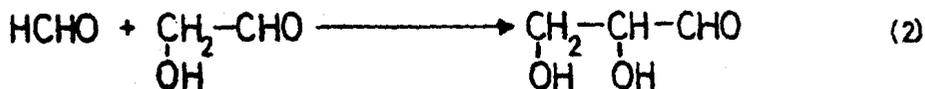
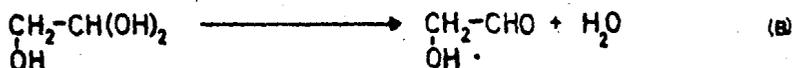
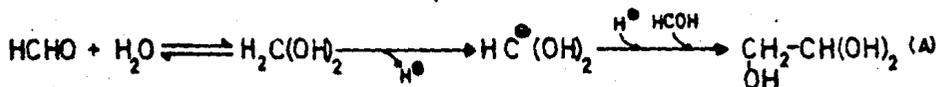


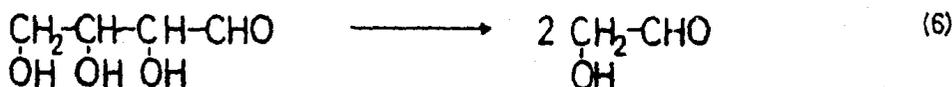
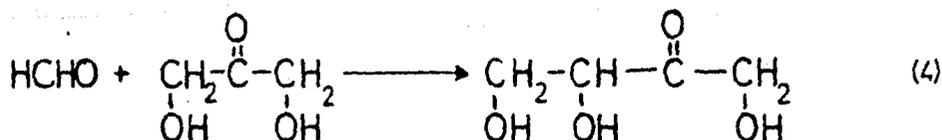
pero esta reacción (en forma directa), no produce polialcoholes o -- monosacáridos importantes. Se ha comprobado que si se utiliza una arcilla como base para catalizar la reacción, esta se puede llevar a cabo por medio de alumina, caolinita o illita^{59,66}. En algunos trabajos se ha reportado la obtención de gliceraldehído, hidroxiacetona, tetrosas, pentosas y hexosas incluyendo ribosa y glucosa^{308,309}.

El siguiente mecanismo explica la formación de azúcares³¹¹:

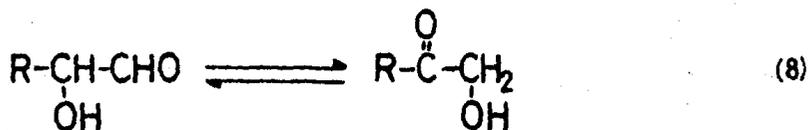


Para este paso, las reacciones propuestas podrían ser:





La condensación del glicolaldehído produce triosas, pentosas y hexosa. La mezcla del gliceraldehído da como resultado ribosa. (7)



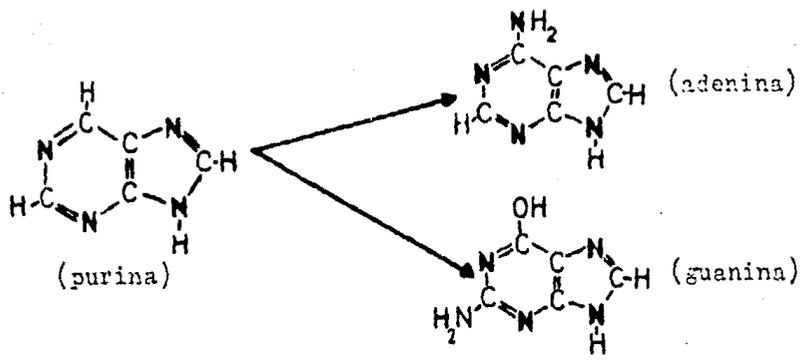
- Las reacciones 2, 4 y 7 son condensaciones aldólicas
- Las reacciones 3, 5 y 8 son isomerizaciones de α -hidroxi-aldehídos a α -hidroxi-cetonas
- La reacción 6 es una aldol reversiva.

BASES PURICAS Y PIRIMIDICAS

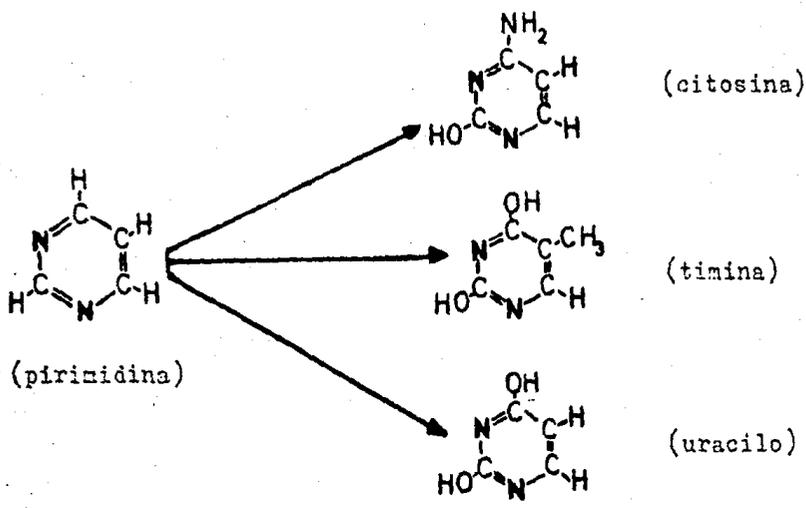
El material genético de todos los seres vivos, está compuesto de bases nitrogenadas, azúcares (ribosa o desoxi-ribosa) y de grupos fosfato.

Este tipo de bases, debieron de aparecer a la par de muchos de los amino ácidos durante las primeras etapas de la formación de la tierra.

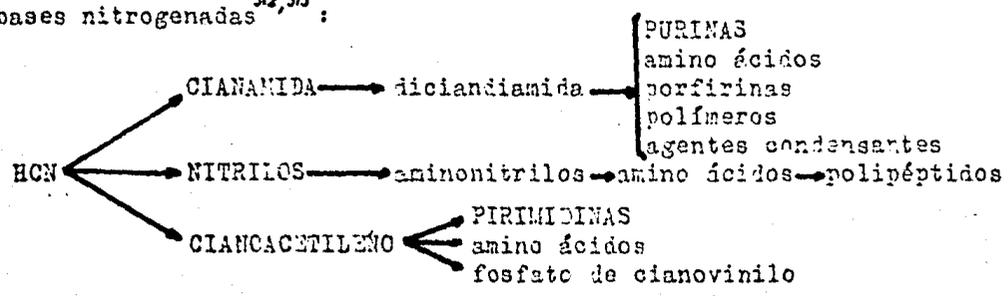
Las bases púricas se derivan de la purina:



y las bases pirimídicas provienen de la pirimidina:

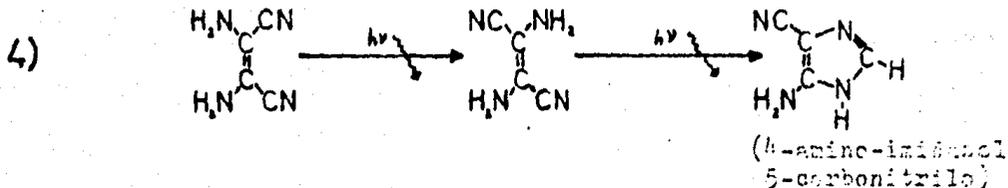
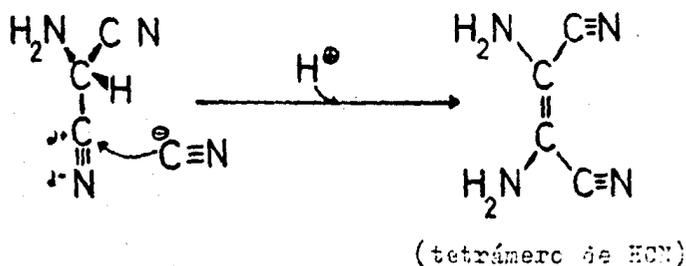
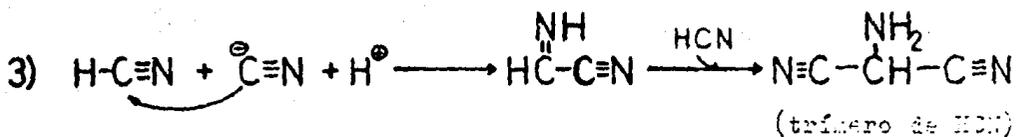
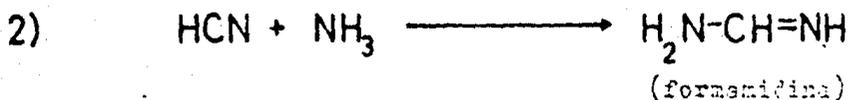
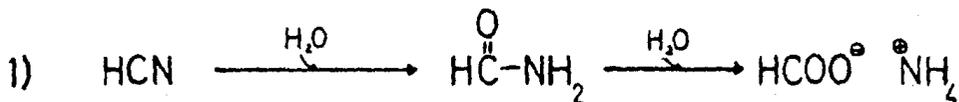


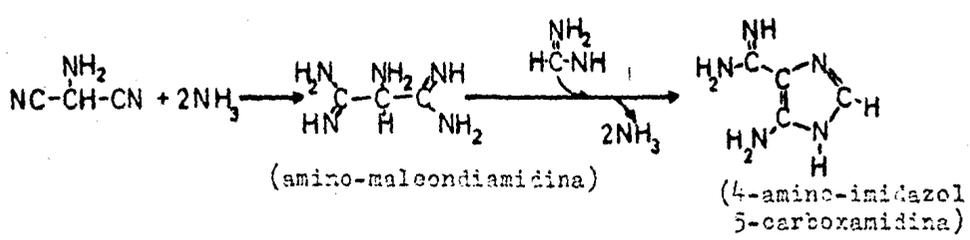
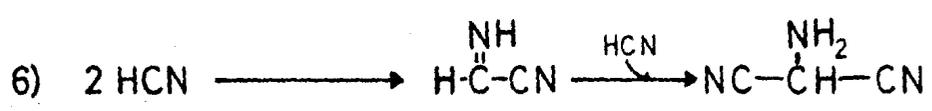
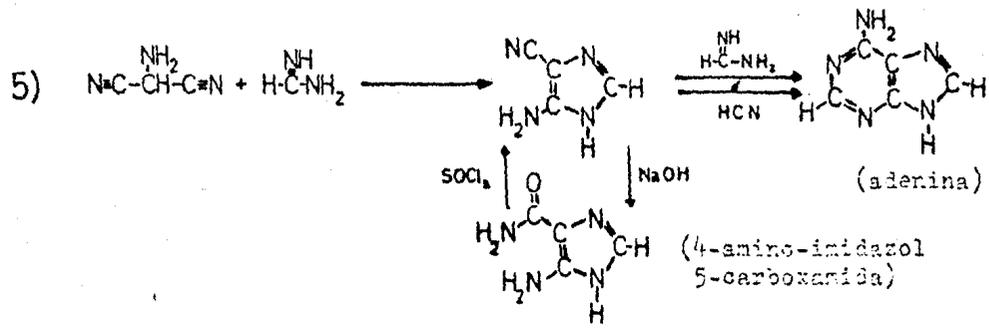
Al igual que en la síntesis de amino ácidos, el HCN y sus derivados ocuparon una parte muy importante en la elaboración de bases nitrogenadas ^{312, 313}:



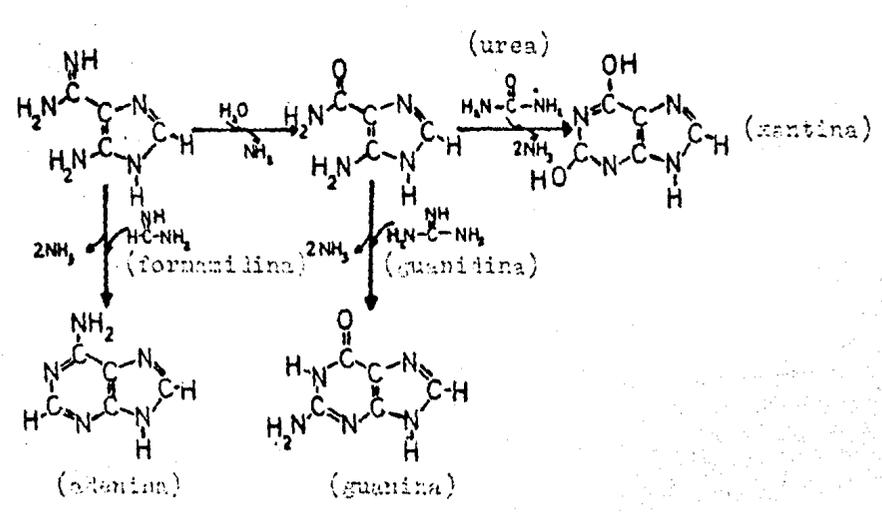
Como se ha podido observar, en la obtención de bases --
púricas y pirimídicas intervienen directamente la formalde, la for-
mimidina, el amino malonitrilo, el diamino malonitrilo y varios imi-
dazoles para la síntesis de adenina y guanina³¹⁴.

Las siguientes reacciones muestran la manufactura de --
este tipo de compuestos^{31,315,316,317}:

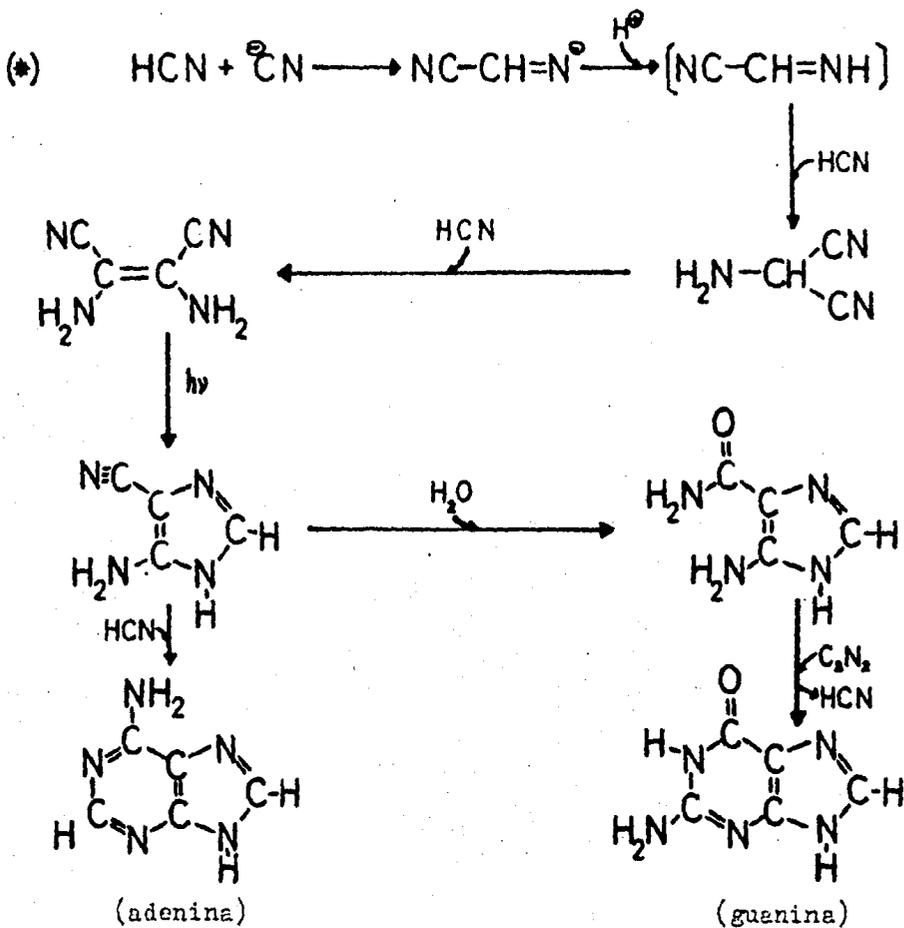




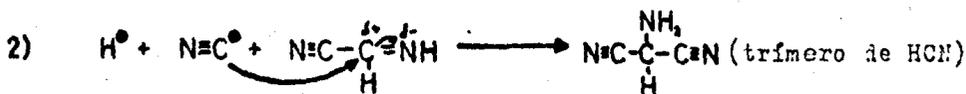
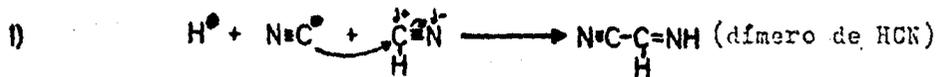
los imidazoles formados dan origen a las bases nitrogenadas correspondientes ^{44, 317}:

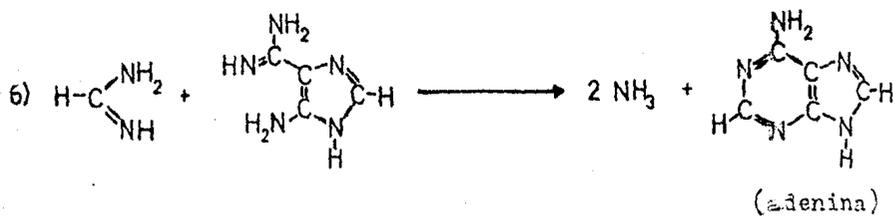
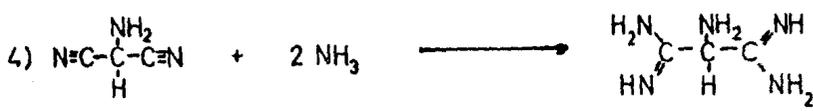
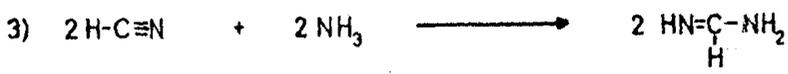


Orgel y colaboradores, propusieron el siguiente mecanismo para la obtención de purinas³⁰⁹:



Oró, en sus trabajos, dió a conocer un mecanismo más detallado que explica la obtención de adenina^{109, 310}:

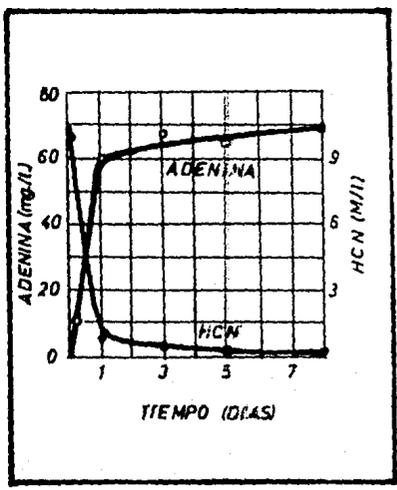




A la par de su mecanismo, Oró publicó una gráfica en la cual se puede apreciar que, al aumentar la concentración de adenina, disminuye la de HCN (similar a la de Millen para los amino ácidos). Es muy probable que este proceso ayudara a reducir la cantidad de HCN presente en la atmósfera primitiva ^{44,97}.



J. ORO 130

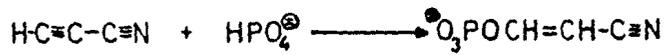


SINTESIS DE ADENINA

MOLECULAS DE ALTA ENERGIA

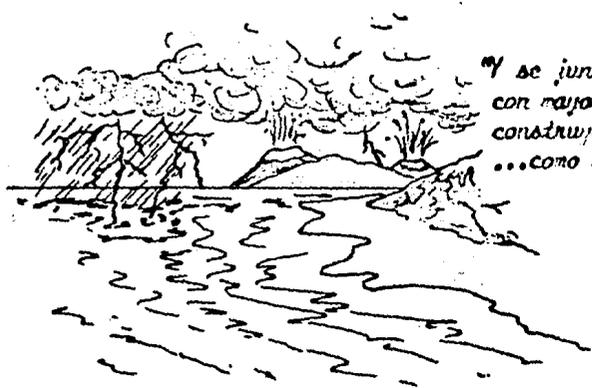
Es posible que en los tiempos primitivos existieran moléculas sencillas que pudieran fosforilar a otros compuestos, ya que el ATP debió de aparecer mucho después.

Uno de estos compuestos es el ciano-vinil-fosfato, el cual se obtiene de la manera siguiente³²²:



se ha podido comprobar que este compuesto puede fosforilar a la uridina para producir uridín monofosfato. Además de este compuesto, -- existen otros que también tienen en su estructura radicales fosfato y que pudieron, en un momento dado, producir moléculas que almacenaran energía química para que posteriormente fuera utilizada en la -- formación de otro tipo de compuestos orgánicos más complejos^{129 309}.

Al aparecer poco a poco las moléculas estudiadas en el presente capítulo, los mares se volvieron más densos y formaron aque lla gran "SOPA PRIMITIVA" en condiciones climatológicas muy drásti-- cas^{323, 324}. Al transcurrir los siglos las biomoléculas se fueron unien do unas con otras para formar macro moléculas y agregados, los cuales serían precursores de las estructuras anatómicas del primer organis-- mo vivo.

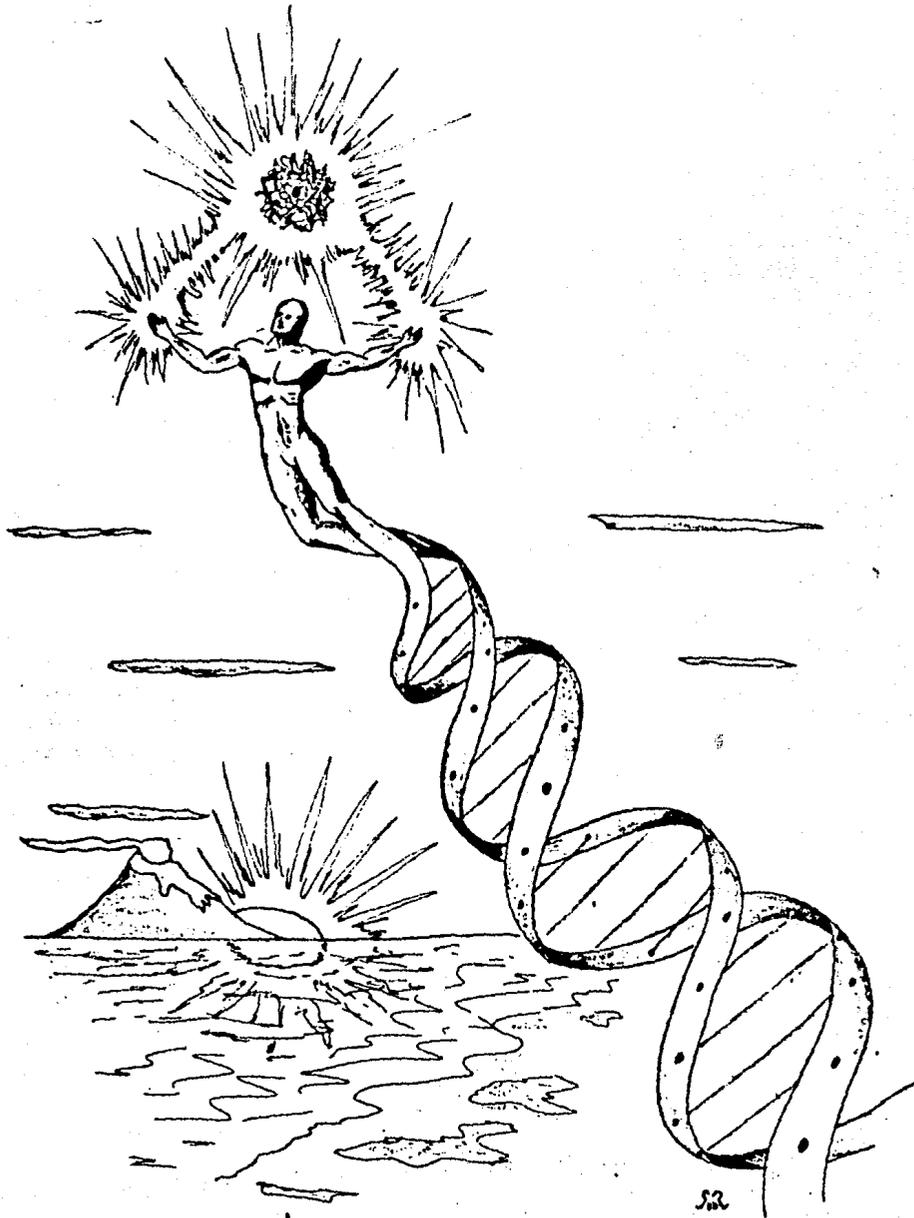


"Y se juntan en las playas con mayor complejidad, construyendo sus murallas... como signo de lealtad."

S. Mendiola 1983

CAPITULO IV

ORIGEN DE LAS MACROMOLECULAS



EL AMBIENTE PRIMITIVO
BIOMOLECULAS COMPLEJAS
LAS MACROMOLECULAS

CAPITULO IV

ORIGEN DE LAS MACROMOLECULAS

*"Las indivisibles átomos del aire,
en derredor palpitan y se inflaman;
el cielo se disuace en rayos de oro,
la tierra se estreñe en alborozada".*



s muy probable que al aparecer las primeras biomoléculas la tierra estuviera en constante actividad volcánica. Los relámpagos y otras fuentes de energía fueron factores importantes que permitieron la síntesis de una gran variedad de estructuras químicas. Al irse enfriando la superficie terrestre, las arcillas y algunos compuestos condensantes (ya obtenidos con anterioridad), pudieron unir los eslabones de lo que más tarde serían las proteínas y los ácidos nucleicos.

Aún en la actualidad existe mucha especulación sobre la génesis de las macromoléculas, de los organelos y de los organismos vivos y no hace mucho tiempo se inició un fuerte debate entre los científicos que apoyaban la idea de la aparición del DNA como primer estructura compleja que daría origen a las proteínas, y por el otro lado, los investigadores que aseguraban que no era posible sintetizar el material genético sin la ayuda de las enzimas (polipéptidos con poder catalítico)³²⁵.

Esto llevó a los hombres de ciencia a pensar en el dilema del "huevo y la gallina".

Hoy en día se sospecha que estas moléculas aparecieron en forma paralela e independiente (ver tabla # 10)^{52,54,326} y aunque estaban sujetas a la hidrólisis, ciertas condiciones del medio permitieron que pudieran seguir existiendo, el tiempo suficiente, para dar origen a las estructuras más evolucionadas.

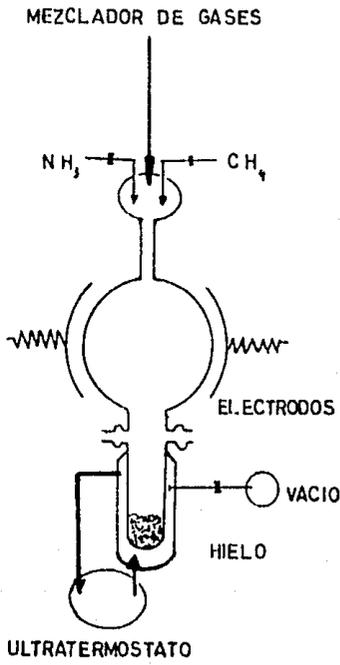
EL AMBIENTE PRIMITIVO

Durante las distintas etapas de la formación de la tierra, ésta debió de calentarse y de enfriarse en varias ocasiones³⁶. Algunos autores han propuesto la síntesis de biomoléculas a temperaturas muy bajas^{86,319,320}, sin embargo, la mayoría coincide en que las condiciones atmosféricas de tiempos remotos fueron muy drásticas y a temperaturas elevadas.

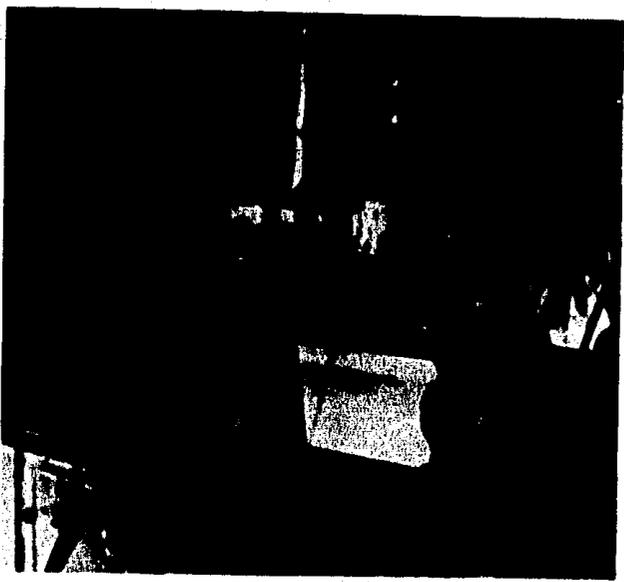
El hecho de que la mayor parte de diversas biomoléculas, sillares de construcción, tales como amino ácidos, ácidos grasos, bases púricas y pirimídicas, se hayan identificado repetidamente como productos de experimentos realizados en condiciones simuladas a las de la tierra primitiva, así como su presencia en rocas, en sedimentos ancestrales y también en meteoritos^{49,50,327,328,329,330,331}, sugiere claramente que pueden ser productos omnipresentes, e incluso predominantes, de la evolución química energéticamente activada; todo ello pudo ser consecuencia, en parte, de la existencia de determinadas rutas de energética favorable que condujeron a su formación y en parte también, por su mayor estabilidad respecto de otros productos sintéticamente posibles³¹². Así, las biomoléculas fundamentales que hoy se conocen, tal vez sean los productos inevitables de la evolución química no solamente en la tierra, sino donde quiera que se den las condiciones apropiadas para la formación abiótica de compuestos orgánicos³¹².

LA ATMOSFERA:

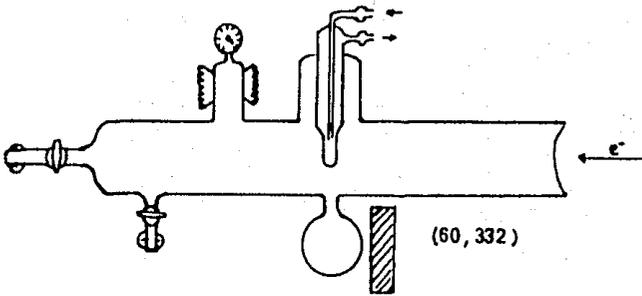
Probablemente una atmósfera primitiva formada principalmente de metano, amoníaco, nitrógeno, hidrógeno, agua y otros gases, precedió a la atmósfera actual. Se ha podido comprobar que esta mezcla de gases produce biomoléculas en condiciones abióticas de laboratorio siempre y cuando se seleccione la fuente de energía más adecuada¹⁰⁸ (ver tabla # 11)³²⁶.



Aparato para la síntesis a bajas temperaturas de bases púricas y pirimídicas⁸⁸.



S. Miller trabajando con una modificación de su aparato original. En este caso utiliza radiación UV³³³

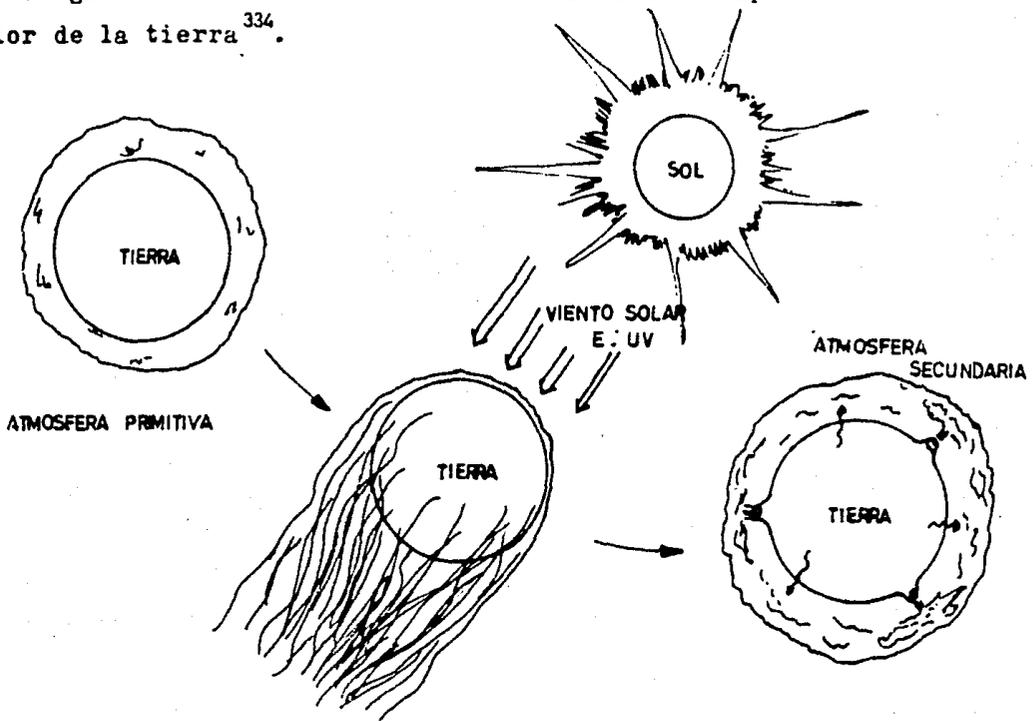


Aparato para la irradiación con electrones de metano, amoníaco y agua

Cuando la masa de la tierra naciente, que se formaba -- por la acreación de pequeños cuerpos planetarios fué superior a 1/10 parte de su masa actual, una atmósfera densa, derivada de la nebulosa solar primitiva, empezó a acumularse. Posiblemente durante ese período la superficie terrestre se volvió fría y pudo retener gran cantidad de hidrógeno y de gases reducidos. El agua se encontraría

en forma de pequeños cristales de hielo y seguramente se llevaron a cabo reacciones de síntesis orgánica como las propuestas por Orgel y colaboradores entre otras. Al no existir grandes extensiones de agua en estado líquido, es posible que las biomoléculas se hubieran concentrado.

Posteriormente esta atmósfera pudo ser eliminada en su mayor parte por el viento solar o por la radiación extra-ultra violeta, 100 veces más intensa que en la actualidad. Se formó entonces, una atmósfera secundaria enriquecida por el CO_2 proveniente de la desgasificación de los elementos volátiles atrapados en el interior de la tierra³³⁴.



Al calentarse nuevamente la tierra (posiblemente por la descomposición radiactiva de los metales pesados), las moléculas de hidrógeno producidas por la fotólisis del metano, del amoníaco y del agua, fueron rápidamente disipadas al espacio a causa de la agitación térmica³³⁴.

Con la descomposición del amoníaco y los nitruros metálicos por acción de la radiación U.V. y del calor respectivamente, la atmósfera fué ganando poco a poco N_2 (capítulo 2).

El carbono y el agua localizados en el manto de la tierra, al calentarse por encima de los 1400°C pudieron combinarse -- para producir CO_2 que aumentó la presión interna del planeta. Seguramente este gas fué liberado por los volcanes.

El hidrógeno desprendido se pudo combinar rápidamente con el oxígeno que se liberaba de los óxidos metálicos calentados.



Todo el sistema volcánico constituye un generador natural de compuestos orgánicos. Mientras no se ha producido la erupción, los procesos químicos se operan en el foco magnético. Durante la erupción, toda la zona que rodea al volcán, se convierte en un campo de activos procesos químicos y sobre el mismo, se forma --

una inmensa nube de gases y cenizas que se puede comparar con un gigantesco reactor que no posee paredes sólidas^{335,336}.

Los frecuentes rayos y fenómenos electromagnéticos, comunes a todas las erupciones, aceleran notoriamente las reacciones químicas.

La presión generada en la columna de cenizas y gases -- que alcanza cientos y miles de atmósferas, después disminuye y en los bordes de la nube se equipara con la presión atmosférica. Durante tales descensos de presión se forman ondas de choque y ultrasónicas que aceleran la formación de biopolímeros. Al igual que la presión, la temperatura de la nube es distinta en sus diversas partes³³⁶.

Es posible que los volcanes tuvieran una gran importancia en los procesos de síntesis abiótica, ya que se ha demostrado que la energía liberada por los mismos³³⁷, es capaz de dar origen a estructuras complejas^{113,114,338}.

La explosión del Santa Elena en mayo de 1980 produjo -- una columna de cenizas candentes capaz de generar relámpagos debido a la electricidad estática producida, además, la energía expulsada por el volcán, fué equivalente a 500 bombas atómicas, produciendo -- así, ondas de choque que incrementaron rápidamente la presión y la temperatura en la zona de desastre^{339,340,341}.

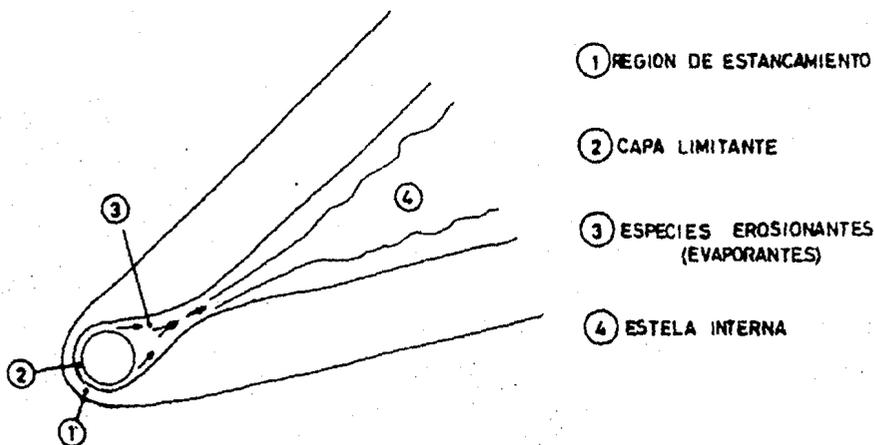
Así mismo, la actividad volcánica en tiempos primitivos debió de ser de gran importancia para la génesis, no solo de biomoléculas, sino también de macromoléculas.

Por otra parte, al carecer la tierra de una atmósfera oxidante, los meteoritos golpearon la superficie del planeta produciendo ondas de choque y proporcionaron algunos elementos y moléculas orgánicas sintetizadas en otros lugares del universo³⁴², pero la idea de la panspermia^{250,343} quedará excluida debido a que en este texto se considera a la tierra como un planeta modelo del cual pudo originarse la vida.

Para tener una idea de la reactividad química de los me

teoritos durante los procesos abióticos, se cita el siguiente ejemplo.

Hochstim³⁴⁴ ha calculado el efecto de la entrada de meteoritos en la atmósfera, consiguiendo con esto, algunos aspectos sorprendentes e impresionantes: Un meteorito con radio de 500 m y velocidad de 11 Km/seg, tendrá 400,000 toneladas de gas en la región de estancamiento, comprimidas a 1500 atmósferas de presión y a una temperatura de 16,300°K. Su energía cinética será equivalente a -- 40,000 megatoneladas de TNT³⁴⁵.



LA HIDROSFERA:

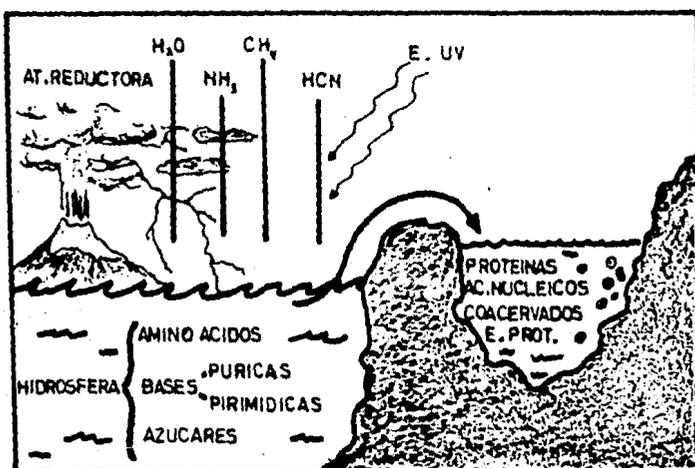
Abelson, que es uno de los críticos más fuertes de la atmósfera reductora, ha propuesto que el agua se condensó y formó los mares alcalinos de un pH entre 8 y 9³²⁶. El CO₂ se disolvió y formó carbonatos y el CO se transformó en ác. fórmico y formatos³⁴⁵.

El pH de los mares debió de cambiar constantemente o -- ser diferente de una a otra zona geográfica. Realmente no se sabe qué valor tuvo exactamente en los tiempos primitivos, ya que si se estudian los trabajos de síntesis abióticas publicados, se podrá observar que no todos los productos obtenidos en el laboratorio se -- han podido generar bajo las mismas condiciones de pH.

Posiblemente la materia orgánica recién formada en la -

atmósfera, al caer en el mar se diluyó en una proporción considerable. La evaporación de agua en las playas, la formación de sistemas cerrados (liposomas), debieron concentrar la materia en ciertas zonas de la corteza terrestre. Pero también el hielo (en el caso de existir) pudo influir en este proceso^{39,320}.

Bernal propuso que las reacciones de condensación (catalizados por arcillas) debieron de suceder en charcos sujetos a desecaciones periódicas^{130,326}.



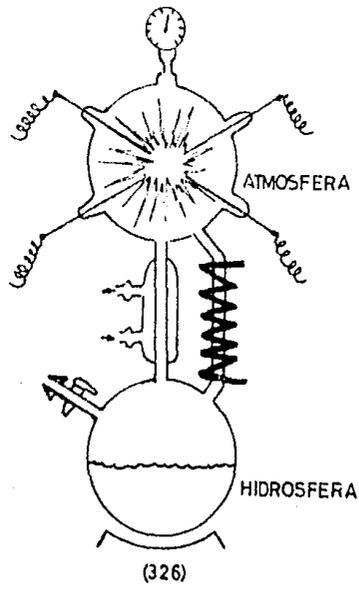
Como dato interesante relacionado con los mares primitivos, se puede citar las ideas de Darwin escritas en notas no publicadas (carta a un amigo)³⁴⁶:

"Si pudiéramos (y que "SI" tan grande) concebir un pequeño charco de agua templada, con toda clase de sales nitrogenadas y fosfóricas, y con luz, calor y electricidad, se formaría químicamente de allí un compuesto proteico capaz de sufrir transformaciones - aún más complejas, pero hoy en día un compuesto así sería inmediatamente devorado o absorbido, pero esto no hubiera ocurrido antes de que aparecieran los seres vivos".

Gran parte de estas notas fueron demostradas más tarde por los trabajos descritos en el capítulo anterior.

Cuando los experimentos abióticos basados en los repor-

tes de Miller y Urey se hicieron más complicados, Ponnamperuma simuló no solo una atmósfera primitiva, sino también una hidrósfera don de se acumulaban los productos resultantes.



AP. DE DESCARGAS ELECTRICAS



UREY Y PONNAMPERUMA³⁴⁷

Seguramente los mares primitivos tuvieron una gran actividad y en ellos se fueron depositando las substancias orgánicas -- sintetizadas. El calor producido por las erupciones volcánicas, -- pudo en un momento dado, influir en la síntesis de biopolímeros -- como es en el caso de los polipéptidos.

Fox ha demostrado que los ciclos locales de calor elevado y de enfriamiento subsecuente, son las auténticas condiciones necesarias para la producción de polímeros y de micro esferas, también mantiene la idea de que los largos períodos de tiempo no fueron necesariamente un pre-requisito para la síntesis de compuestos orgánicos o de la formación de sistemas prebiológicos³⁴⁵

Posiblemente las moléculas de agua del mar ancestral -- aportaron los catalizadores más primitivos que se conocen, los io--

nes H^+ y OH^- que inducen a la catálisis específica ácida o básica - respectivamente³¹².

Posteriormente, al formarse los primeros ácidos y bases orgánicos, proporcionaron al medio grupos carboxilos y amonios, actuando como catalizadores ácidos o básicos generales. Además, los minerales del lecho del mar primitivo o de las zonas de acción volcánica, ofrecieron la posibilidad de catálisis heterogénea por las sales metálicas insolubles tales como fosfatos y silicatos (arcillas), además de iones o minerales de hierro y molibdeno^{312,345}.

Es muy probable que la capacidad catalítica surgiera en primer lugar, y que la especificidad del substrato constituyera un posterior desarrollo evolucionista. Por ejemplo: los ácidos y las bases generales, cuando actúan como catalizadores no muestran especificidad de substrato; favorecen la velocidad de múltiples reacciones orgánicas distintas que implican la captación o pérdida de protones. También es muy posible que los primeros precursores de las enzimas actuales, provocaran tan solo aumentos muy pequeños de velocidad. Estos precursores pudieron haber sido unos péptidos sencillos que contenían, por ejemplo, un grupo α -amonio o carboxilo -- especialmente reactivo y que funcionaban como catalizadores generales (ácidos o básicos)³¹².

Los proteínoides de elevado peso molecular obtenidos -- por Fox, demostraron tener un poder catalítico considerable. Podían aumentar velocidades de reacción que incluyen hidrólisis, descarboxilaciones y aminaciones.

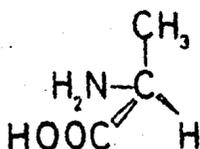
Los metales unidos a las cadenas polipeptídicas, mejoran el poder catalítico de estos compuestos, pero sin duda, no se pudo progresar mucho en el desarrollo de las enzimas, hasta que surgieron cadenas polipeptídicas muy largas, capaces de adoptar determinadas conformaciones tridimensionales específicas. Actualmente se sabe que la estructura terciaria de una enzima es indispensable para su fijación al substrato de modo específico y para formar el complejo E-S (enzima - substrato)³¹².

Es posible que durante la formación de los primeros ami

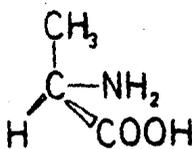
no ácidos y azúcares, ya hubieran existido fuerzas selectivas que permitieron la aparición posterior de polipéptidos construidos con amino ácidos "L".

Garay en 1968 reportó que al bombardear una solución de amino ácidos con electrones desprendidos por el estroncio-90, la forma "D" era destruida más rápidamente que la forma "L"³²⁶.

También se ha comprobado que, por problemas de estabilidad molecular, no es posible, por ejemplo, formar un polipéptido en el que se encuentren amino ácidos "D" y "L" en mezcla racémica^{312, 348}.



L-ALANINA



D-ALANINA

En las formas vivientes actuales, se encuentran casi exclusivamente amino ácidos "L" pero no "D" y azúcares "D" pero no "L". Esto se debe a que las mismas enzimas que intervienen en la síntesis son también asimétricas. De acuerdo a la ley de Curie "Toda disimetría se genera de una disimetría".

Tanto en el laboratorio como en la naturaleza, cuando no intervienen fuerzas asimétricas, la configuración alrededor del átomo asimétrico no sigue una ley para dar tan solo un tipo de moléculas y se producen mezclas racémicas.

Se han propuesto varias explicaciones para tratar de resolver el problema de la aparición, por primera vez, de la asimetría en las cosas vivientes.

Una línea de explicación implica la búsqueda de algunas fuerzas asimétricas en la naturaleza. Se ha sugerido que dichas fuerzas son la luz polarizada circularmente, como la reflejada por la luna o la luz polarizada en un plano, como la reflejada por el mar.

Oparin concedió mucha atención a los casos de síntesis

asimétrica producida por luz polarizada y catalizadores asimétricos. En la hipótesis de Bernal de la quimiosíntesis orgánica sobre las arcillas, la posible presencia de catalizadores asimétricos o de superficies neutrales en las arcillas, pudo representar algún papel en la síntesis asimétrica³⁴⁸.

Gabriel propuso la resolución química de mezclas racémicas al suponer cierto acomodo espacial de algunas sustancias al -- cristalizar³⁴⁸.

Natta obtuvo polimerización estereoespecífica con catalizadores organometálicos sintéticos que existen en parejas enantiomórficas³⁴⁸.

Harada registró la producción no enzimática de L-alanina³⁴⁸.

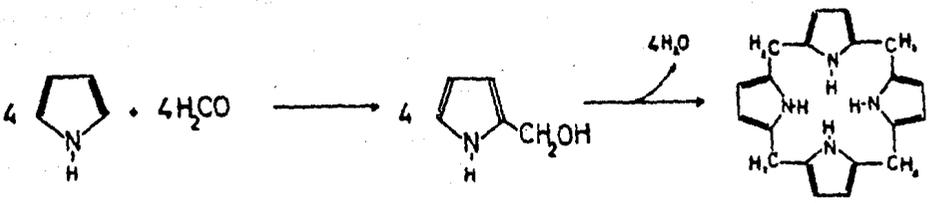
Otra línea de explicación, es la suposición de que los isómeros ópticos encontrados actualmente en las cosas vivientes fueron incluidos "accidentalmente" por los primeros organismos vivos y desde entonces, han sido transmitidos de generación en generación.

¿Qué leyes o qué circunstancias han favorecido la evolución de los compuestos bioquímicos actuales?

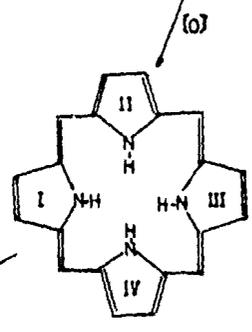
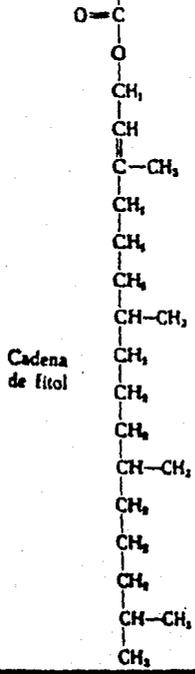
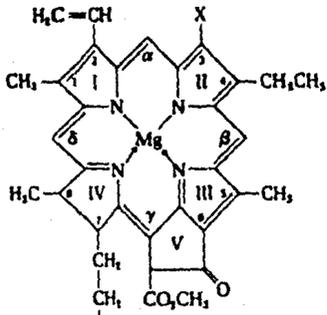
Evidentemente no se puede decir que estos procesos se produjeron al azar o por casualidad, por lo tanto en la atmósfera, en los mares y en la tierra primitiva, las moléculas debieron de seguir ciertos patrones fisico-químicos que permitieron sintetizar -- sustancias cada vez más complejas, las cuales se concentraron y al macenaron en los distintos puntos del planeta.

BIOMOLECULAS COMPLEJAS

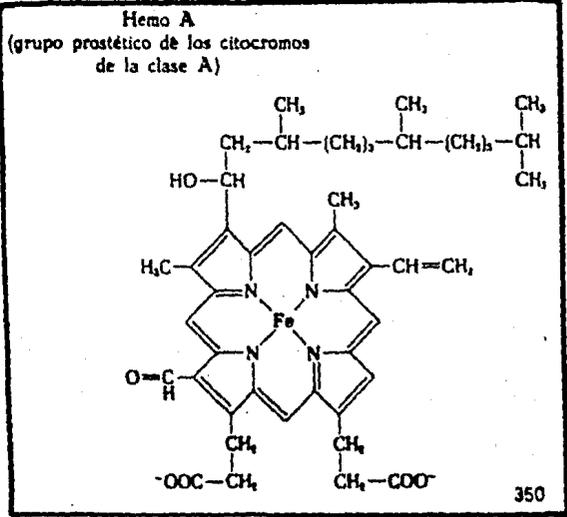
El análisis de las cenizas volcánicas de algunas erupciones, han revelado la presencia de compuestos llamados porfirinas, los cuales se han obtenido al hacer reaccionar el formaldehído con el pirrol en soluciones relativamente diluidas con ayuda de catalizadores metálicos²⁵⁹.



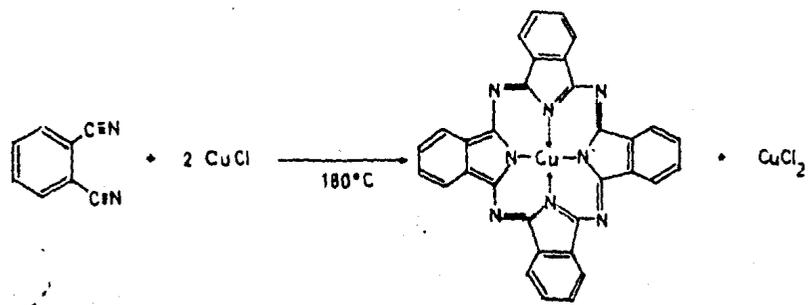
Estructura de las clorofilas. En la clorofila a, X = -CH₃; en la clorofila b, X = -CHO. Obsérvese que existe un anillo de ciclopentanona condensado (V), además de los cuatro anillos pirrólicos. En la bacterioclorofila el anillo pirrólico II está reducido. Cuando el enlace éster con el fitol se hidroliza, se produce un clorofilido.



Estas moléculas son importantes debido a que forman parte de la clorofila y de otros compuestos biológicos (figuras A y B).



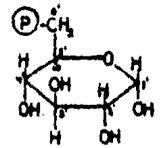
Varios trabajos publicados informan de la síntesis de porfirinas o de compuestos parecidos ^{351,352,353,354,355}. También se pueden obtener moléculas semejantes que contengan átomos centrales - - como lo demuestra la siguiente reacción ³⁵⁶:



En las rutas metabólicas de los organismos vivos, los azúcares fosforilados tienen un papel muy importante.

Halmann y colaboradores, lograron preparar Δ -ribofuranosa 1 PO_4 a partir de la D-ribosa y ortofosfato en presencia de -- cianógeno o cianamida ³⁵⁷.

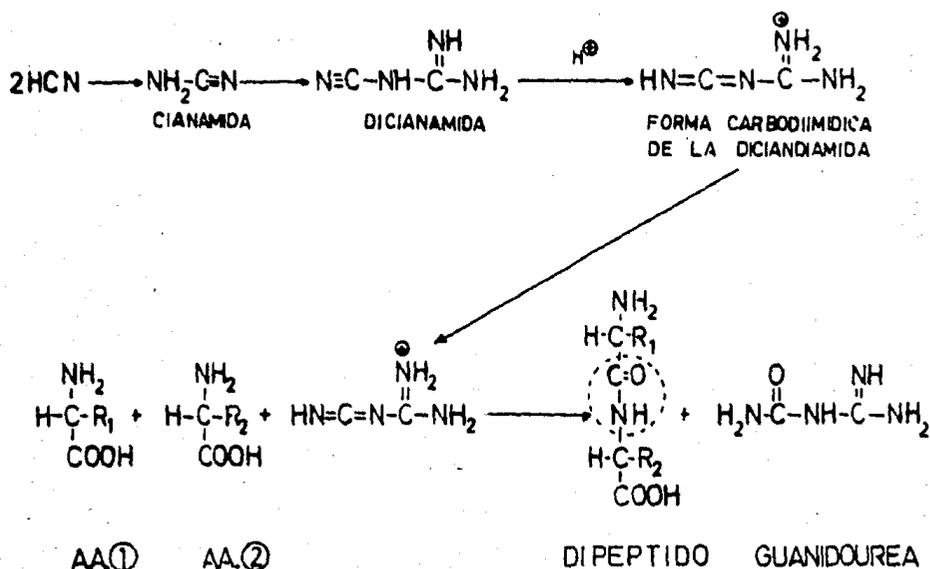
Steinman e investigadores, reportaron la síntesis de -- glucosa 6 PO_4 utilizando como reactivos glucosa, cianamida y ácido fosfórico ³⁵⁸. También en su trabajo mencionaron la formación de una molécula polar a partir de la carbodiimida y ác. fosfórico.



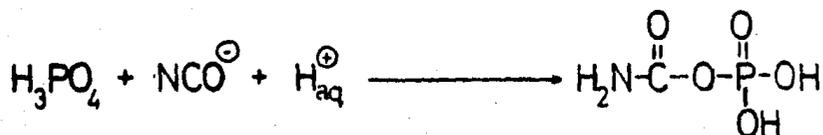
Muchos trabajos han confirmado que los compuestos de -- carbono y de nitrógeno derivados del radical cianuro (CN^-), sirven como agentes condensantes que intervienen en la unión de 2 moléculas o en la formación de biomoléculas (tabla # 12) ⁵².

Las siguientes reacciones son una muestra de lo expues-

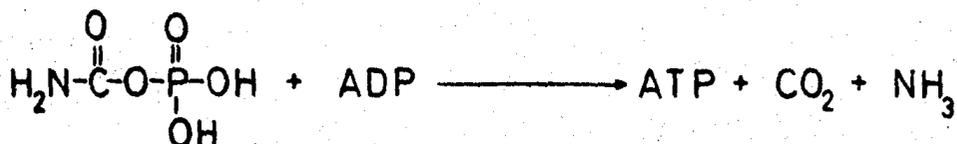
to anteriormente³¹²:



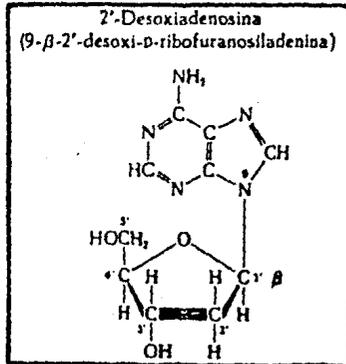
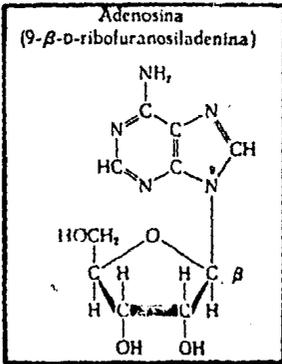
Otro compuesto orgánico de fósforo importante, es el carbamil fosfato, que se puede preparar a partir de cianatos y ácido fosfórico.



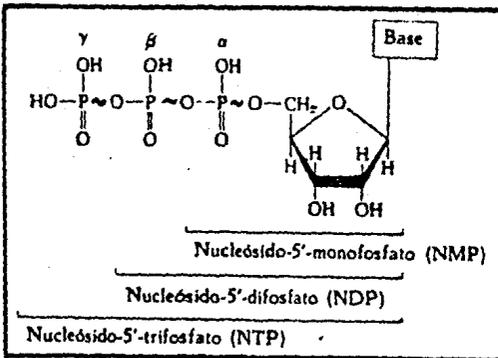
Se ha comprobado que este compuesto puede fosforilar al ADP para transformarlo en ATP³⁵⁹:



El adenosín-tri-fosfato (ATP), es una molécula energética que interviene en los procesos metabólicos celulares. Esta estructura es utilizada por otros compuestos para cambiar su estructura o para efectuar una reacción química, debido a que puede almacenar energía por medio de los enlaces fosodiéster ³⁶⁰.

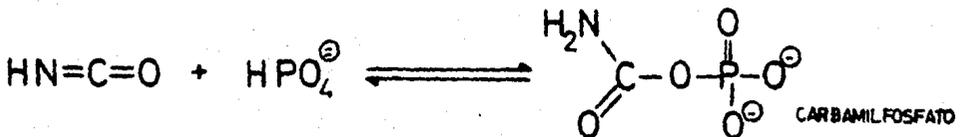


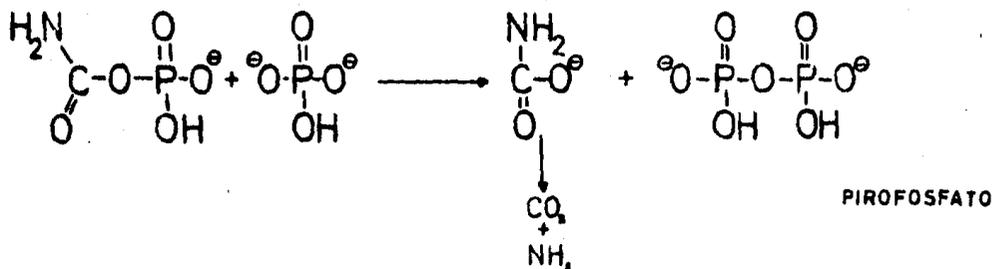
Como se ha podido observar en la figura anterior, un nucleósido consta de una base púrica o pirimídica y un azúcar (ribosa o desoxiribosa), en tanto que un nucleótido es la unión de una base, un azúcar y uno, dos o tres fosfatos.



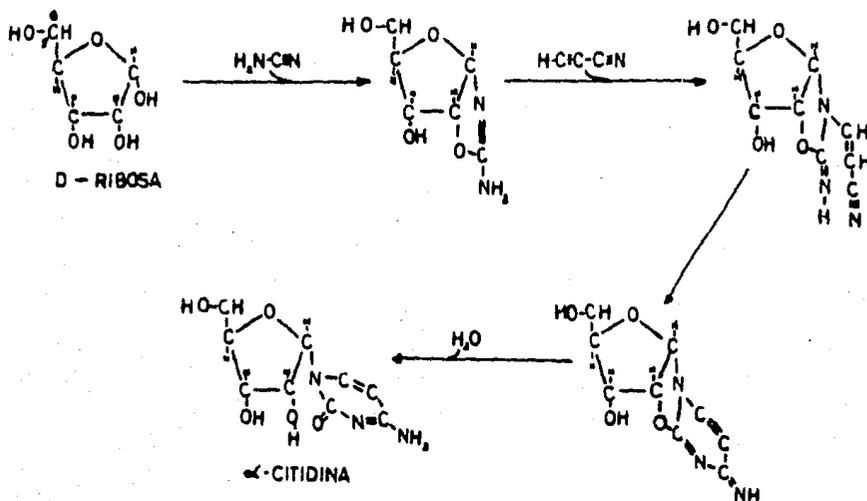
Ribonucleósido			
5'-mono-, di-, y trifosfatos			
Base	Abreviaturas		
Adenina	AMP	ADP	ATP
Guanina	GMP	GDP	GTP
Citosina	CMP	CDP	CTP
Uracilo	UMP	UDP	UTP
Desoxiribonucleósido			
5'-mono-, di-, y trifosfatos			
Adenina	dAMP	dADP	dATP
Guanina	dGMP	dGDP	dGTP
Citosina	dCMP	dCDP	dCTP
Timina	dTMP	dTDP	dTTP

Miller y Parris en 1964 pudieron obtener pirofosfato -- (componente del ATP) en condiciones similares a las de la tierra -- primitiva ³⁶¹:





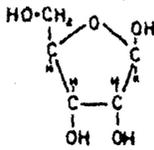
Varios investigadores han reportado la síntesis de nucleósidos ^{88,362,363,364,365}. Las siguientes reacciones son el ejemplo de uno de estos trabajos ^{96,363}:



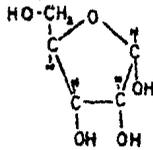
*el azúcar puede estar fosforilado (posición 5') y producirá un nucleótido.

En la reacción anterior, la ribosa o ribosa 5'PO₄ (según sea el caso) reacciona con la cianamida en soluciones acuosas y después con el ciano-acetileno para producir α-citidina o ácido α-5'-citidílico (cuando la estructura contiene fosfato).

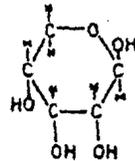
Como la ribosa puede presentar 3 estructuras diferentes, esto representa serios problemas para la obtención de compuestos -- que requieren tener la forma furanosa y no la piranosa ⁹⁶.



β -D-RIBOFURANOSA

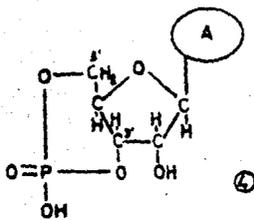
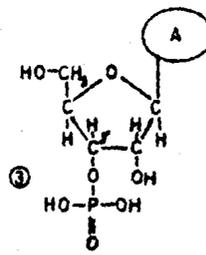
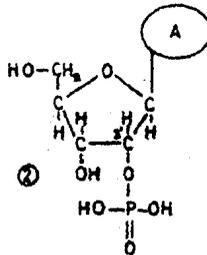
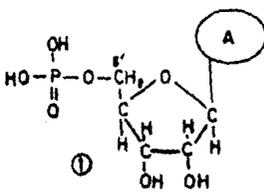


α -D-RIBOFURANOSA



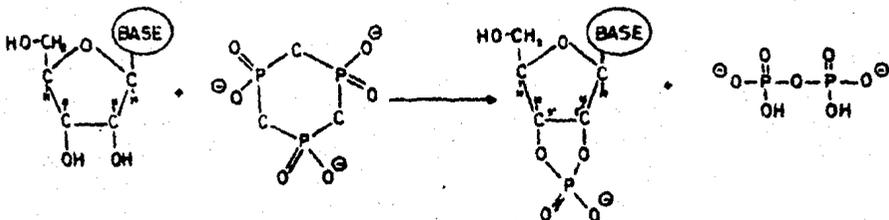
β -D-RIBOPIRANOSA

También se ha reportado la síntesis de mono nucleótidos como en el caso del AMP^{104,107,366}. En este compuesto el fosfato se puede unir a la ribosa en las posiciones 5', 2' o 3'^{360,366}:



- ① Acido adenosin-5'-fosfórico (ácido adenilico; ácido 5'-adenilico)
- ② Acido adenosin-2'-fosfórico (ácido 2'-adenilico)
- ③ Acido adenosin-3'-fosfórico (ácido 3'-adenilico)
- ④ Acido adenosin-3',5'-fosfórico (ácido adenilico cíclico)

Quando se fosforila un nucleósido con trimetafosfato, -³⁶⁷ da como resultado la siguiente reacción:



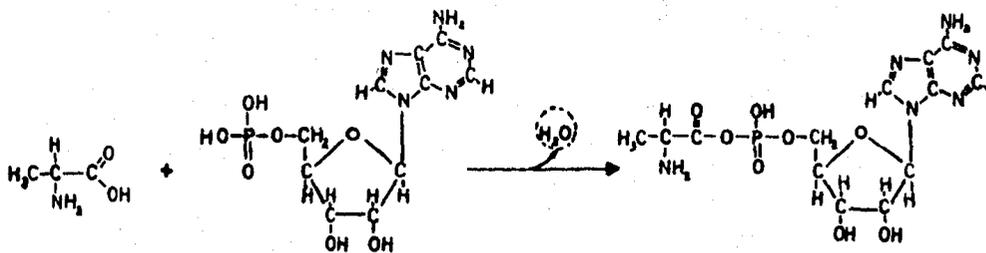
Cyril Ponnamperuma y otros investigadores del origen de la vida, han realizado varios trabajos en los cuales obtuvieron nucleótidos^{96,104,107,117,118} utilizando diferentes bases nitrogenadas¹¹⁸.

El AMP, también llamado ácido adenílico, al unirse con diferentes aminoácidos mediante reacciones de condensación, produce adenilatos (amino acil-adenilatos), en presencia de agentes químicos tales como la diciclohexilcarbodiimida^{16,312,372}. Estos compuestos son muy importantes, ya que están relacionados con la síntesis actual de proteínas (amino acil-tRNAs).

La siguiente reacción muestra la condensación que se lleva a cabo, entre el AMP y la alanina^{16,312,372}.



C. PONNAMPERUMA³⁷¹



ALANINA

AMP

ADENILATO DE ALANINA

LAS MACROMOLECULAS

Una vez formadas las moléculas, sillares o eslabones -- fundamentales de estructuras complejas, el paso siguiente de su evolución química hacia sistemas biomoleculares, debe de haber consistido en la creación de enlaces covalentes que las ligaran entre si, con la consiguiente producción de oligómeros y polímeros, pero en este caso, existe una paradoja: Los enlaces covalentes entre los eslabones que integran las proteínas, los ácidos nucleicos, los polisacáridos y los lipoides, son el resultado de la eliminación de los elementos del agua de sucesivas unidades monómeras. Sin embargo, los enlaces peptídicos, glucosídicos y los estereos, son termodinámicamente inestables en sistemas acuosos diluidos, es decir, -- tienden a experimentar hidrólisis con un gran cambio de energía libre, de manera que, en sistemas acuosos diluidos en equilibrio, solo pueden existir pequeñas proporciones de dichos enlaces. Para -- que todos los polipéptidos y los polinucleótidos primordiales se -- acumularan en el mar, su velocidad de formación tuvo que haber sido superior a la de su degradación³¹².

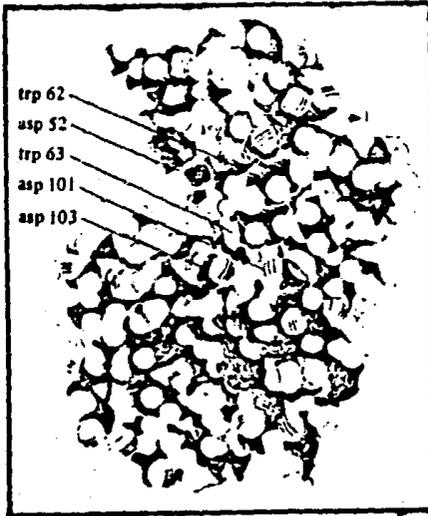
La síntesis de macromoléculas ha sido un verdadero reto para los investigadores del origen de la vida^{373,374}, ya que es difícil unir secuencias de amino ácidos o de nucleótidos para obtener -- estructuras con una función definida.

Se han obtenido di, tri, oligo y polipéptidos^{16,119,112,125,126,132,133, 375,376,377,378, 379,380,381,382,383,384,385,386,387,388,389,390}, utilizando agentes condensantes³⁹¹ o arcillas del tipo de la monmorillonita. Pero el problema se presenta cuando se requiere sintetizar polipéptidos con determinado poder catalítico o fragmentos de ácidos nucleicos que codifiquen -- a una proteína funcional.

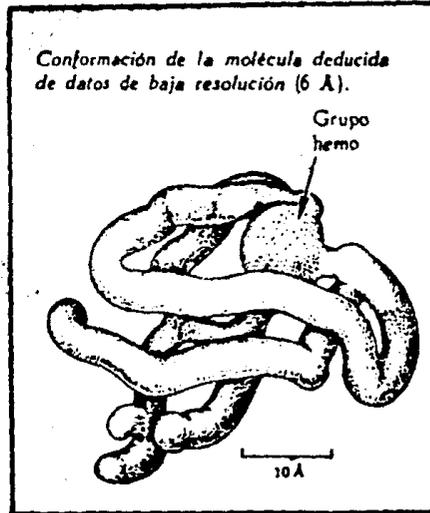
Debe tenerse muy en cuenta que la secuencia de amino -- ácidos en una cadena polipeptídica, es la base para la configuración de la misma³⁹².

Los siguientes esquemas son un claro ejemplo de lo ex--

puesto anteriormente:



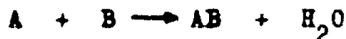
LISOSIMA



MIOGLOBINA

Muchos de los compuestos químicos actuales, son el resultado de un proceso en el cual interviene una enzima. Posiblemente estas reacciones no podrían llevarse a cabo mediante otra ruta de síntesis orgánica. Tal vez, las primeras proteínas existentes, fueron notoriamente distintas a las que actualmente se conocen; pero su poder catalítico permitió que las reacciones bioquímicas dentro de los sistemas pre-celulares, se aceleraran con mayor facilidad³¹².

Existen 2 métodos generales, mediante los cuales, las reacciones de condensación entre 2 moléculas fundamentales, pueden tener lugar con gran rendimiento según la reacción:



donde A y B pueden ser 2 amino ácidos, 2 azúcares o 2 nucleótidos.

Una de las técnicas se basa en conducir la reacción en condiciones anhidras, por ejemplo, a temperaturas superiores a las de ebullición del agua.

Fox y colaboradores demostraron que la formación térmica de polipéptidos, es posible. Probaron que, tanto los péptidos de cadena corta, como los de mayor longitud, se pueden formar simplemente por calefacción de mezclas de amino ácidos a temperaturas superiores a los 100°C . Al parecer, estas biomoléculas (tabla # 8) no se unen al azar, sino que lo hacen obedeciendo ciertas leyes naturales.

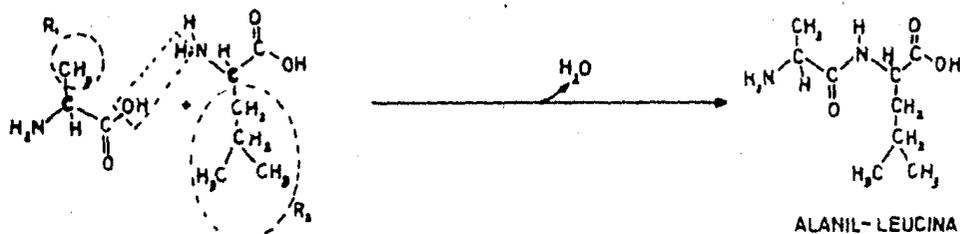
Las condiciones requeridas para conseguir la polimerización térmica de los amino ácidos, no difieren mucho de las que favorecen la formación abiótica de los mismos. Se puede suponer que -- los amino ácidos formados a partir de los gases volcánicos, experimentaron una polimerización por deshidratación y rindieron polipéptidos en la ardiente lava o en las cenizas volcánicas. Los polímeros formados pudieron ser extraídos de la ceniza por la lluvia y -- ser dirigidos hacia las aguas superficiales de la tierra³¹².

El segundo procedimiento propuesto para la unión de bio polímeros, se funda en la acción de un agente químico condensante, de un compuesto capaz de combinarse preferentemente con los elementos del agua eliminada de las moléculas que se condensan, más bien que con la propia agua libre^{32,34}.

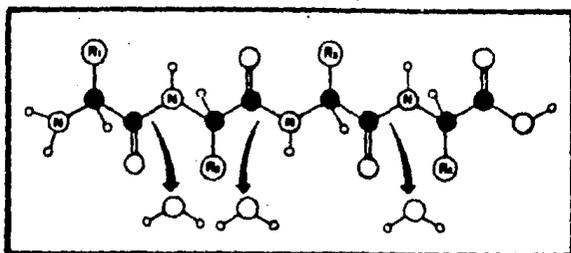
Las células vivas actuales, para lograr la síntesis de este tipo de enlaces, se sirven de un agente químico de condensación, que es el grupo pirofosfato del ATP, por lo tanto, es posible que los polifosfatos y los agentes condensantes nitrogenados de la tabla # 12 u otros, participaran en la formación abiótica de las -- primeras macromoléculas fundamentales³¹².

Los amino ácidos, eslabones en la construcción de proteínas, se unen fuertemente unos con otros, por medio de un enlace

peptídico de la manera siguiente ³²⁶ :

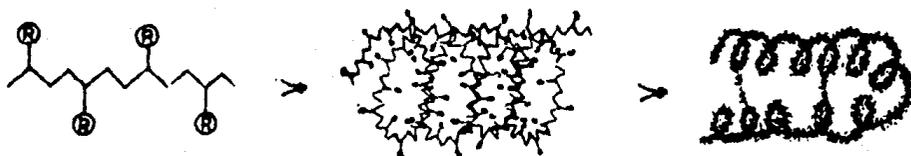


La siguiente figura muestra una policondensación en serie.



R_1, R_2, R_3 y R_4 representan los radicales para 4 amino ácidos diferentes ¹⁶.

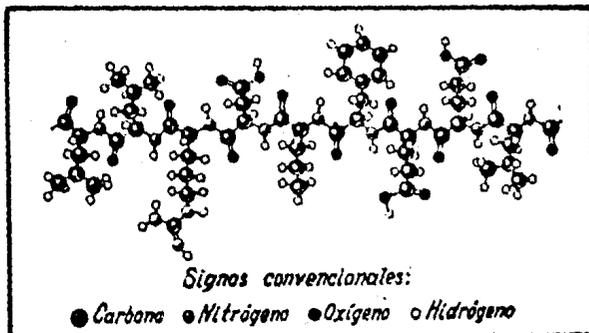
Conforme se van uniendo los amino ácidos a la cadena polipeptídica, se va formando una hélice (estructura secundaria de las proteínas) que posteriormente se enlaza a si misma por medio de puentes disulfuro del amino ácido cisteína (estructura terciaria).



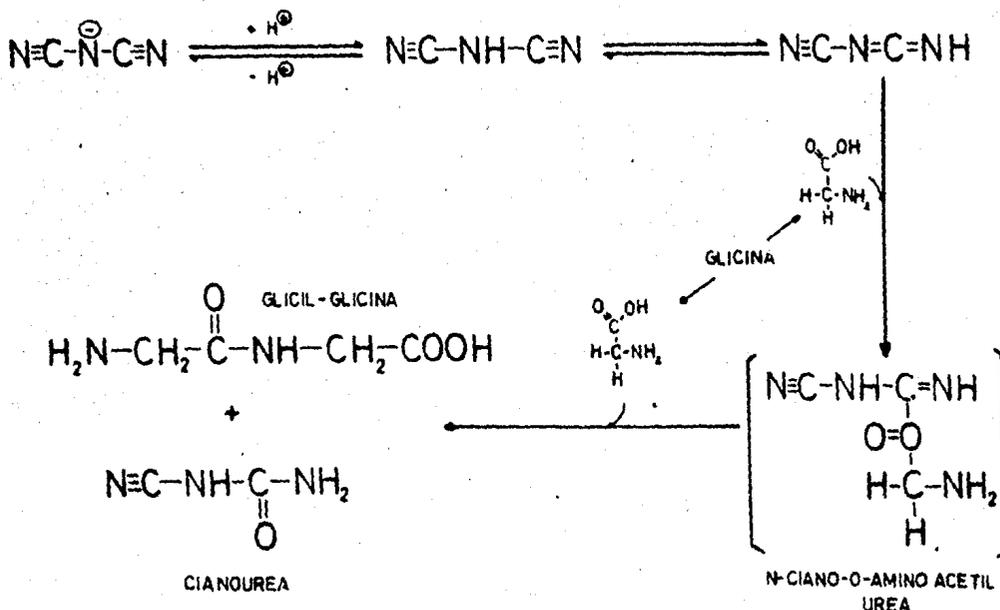
*estructura primaria, secundaria y terciaria respectivamente.

Normalmente estas biomoléculas se unen formando una estructura lineal en los seres vivos, pero es posible que en tiempos primitivos lo hicieran de manera ramificada, ya que los amino ácidos (arginina, lisina, histidina) o ácidos (ác. glutámico, ácido aspártico), contienen en su estructura un grupo amino o carboxilo de más, que les permite unirse a otras estructuras químicas y formar proteínoides y no proteínas verdaderas.

La figura de la derecha muestra un modelo lineal de una cadena polipeptídica⁴³.

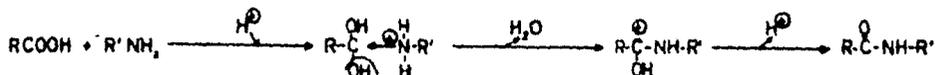


Steinman y colaboradores obtuvieron en 1966 un dipéptido de glicina utilizando dicianamida³⁸⁷:

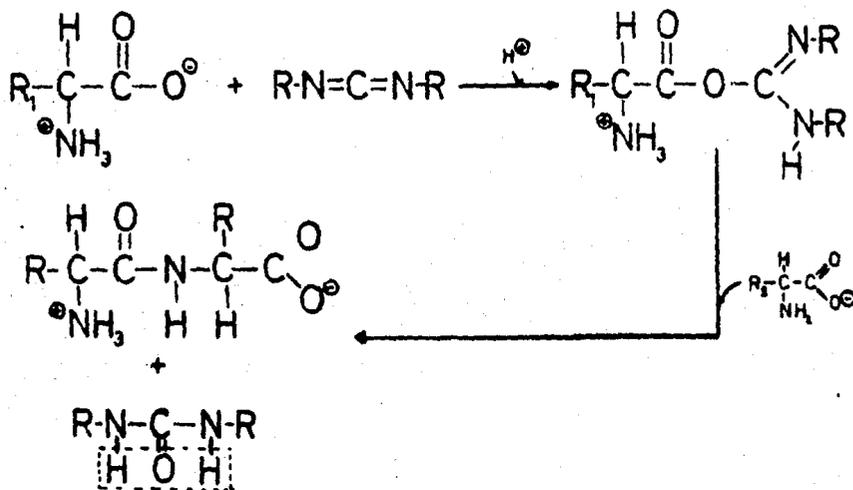


Como se ha podido observar, el mecanismo de condensación (propuesto a continuación)³⁸⁸ no se lleva a cabo, porque el agente condensante capta la molécula de agua producida según lo expuesto -

anteriormente.

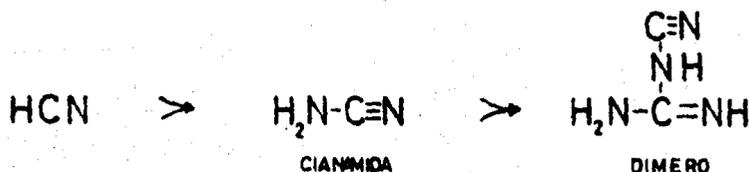


También se ha reportado la formación de péptidos utilizando dicitclohexil carbodiimida ($C_6H_{11}N=C=NC_6H_{11}$). Para la siguiente secuencia de reacciones el agente condensante se simboliza $-RN=C=NR$, R_1 y R_2 son los radicales de 2 amino ácidos iguales o distintos³⁶⁷:

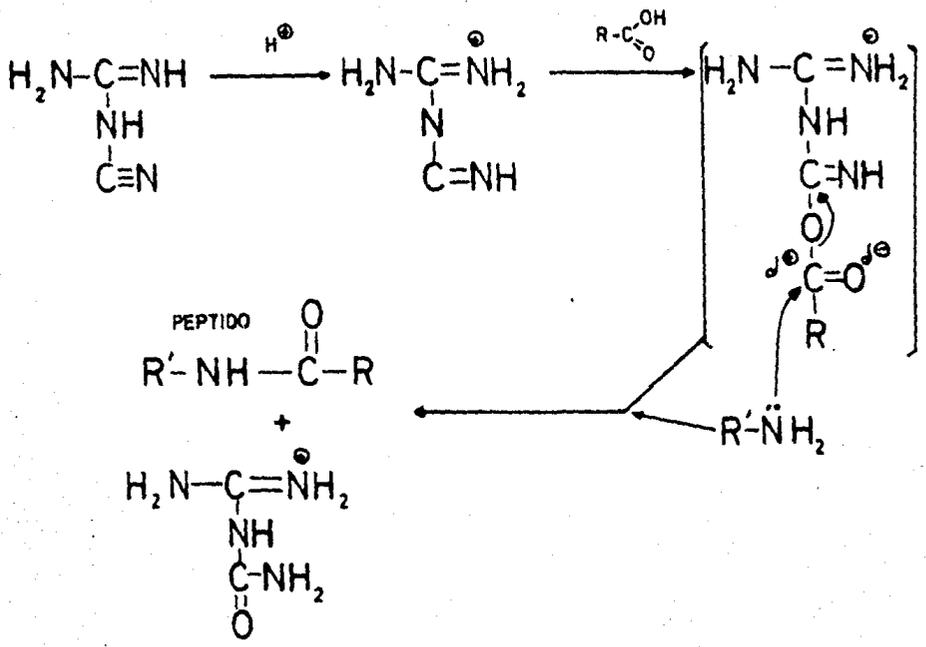


Calvin propuso un modo de acción posible de la cianamida. El método se basa en la dimerización de este compuesto cuando pasa a dicitandiamida (dímero activo). El mecanismo propuesto fué el siguiente:

formación de cianamida³⁹¹:

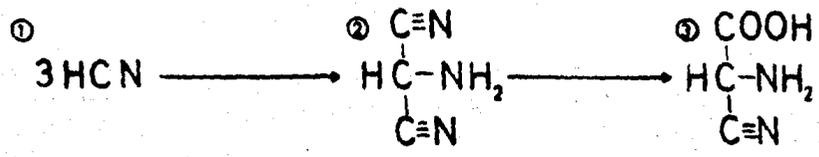


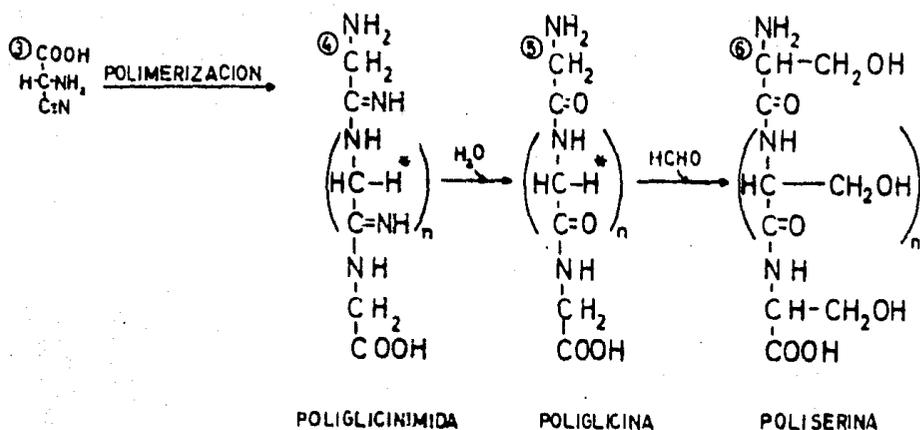
(312,395)



Al calentar mezclas de amino ácidos se pueden unir por copolimerización para dar lugar a los proteínoides termales.

Una nueva perspectiva de síntesis abiótica, fué demostrada por Harada y Fox al obtener 14 amino ácidos por hidrólisis de polipéptidos, formados a partir de metano, amoníaco y agua³¹². En este caso, los amino ácidos encontrados en forma libre, estaban en cantidades residuales, mientras que las sustancias polímeras se formaron precozmente en gran abundancia. Estos polímeros pudieron haberse formado directamente por el método de Akabori, quien expuso su hipótesis sobre el origen de las proteínas³¹².



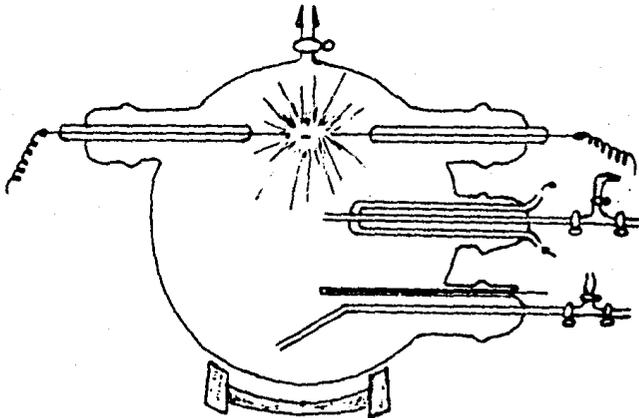


El hidrógeno ($-\overset{\text{H}}{\text{N}}-\overset{\text{O}}{\text{C}}-$)_n (Akabori) o el grupo nitrilo ($-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\overset{\text{H}}{\text{N}}-$)_n (trabajos de Kliss, Matthews y Moser) que se proyecta a partir del carbono metilénico de la unidad repetida, está sometido al ataque de las especies reactivas dando lugar a las cadenas laterales de los distintos amino ácidos³⁹⁶. De este modo, se construye durante el experimento, un polímero de carácter cambiante. Al principio, la mayor parte de los residuos son de glicina y son gradualmente convertidos en otros amino ácidos, por lo tanto, sería de esperar que al hidrolizar el polímero el amino ácido más abundante fuera la glicina. La abundancia de otros amino ácidos estaría de acuerdo con la facilidad relativa de formación de las cadenas laterales respectivas. Se puede suponer que, las cadenas laterales de alanina, serina, treonina, ácido aspártico y ácido glutámico ($-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2\text{OH}$, $-\text{CHOHCH}_3$, $-\text{CH}_2\text{COOH}$ y $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ respectivamente) requerirían mecanismos más simples que algunas de las otras cadenas laterales³⁹⁶. Partiendo de mezclas ricas en ácidos glutámico y aspártico, se pueden obtener polímeros ácidos, en tanto que las mezclas ricas en lisina dan como resultado polímeros básicos; pero también se han logrado sintetizar proteínoides neutros. Estas macromoléculas pueden llegar a tener un peso de 10,000 daltons e incluir en su estructura, 18 amino ácidos diferentes³¹².

Fox ha observado que se forman proteínoides más fácilmente partiendo de mezclas de amino ácidos, que de amino ácidos aislados. Esto sugiere que los proteínoides no son polímeros formados exclusivamente al azar, aunque su composición en amino ácidos viene determinada por la proporción relativa en que se hallan en la mezcla de partida. Trabajando con una determinada mezcla original, se pueden obtener proteínoides de una composición en amino ácidos parecida a las mezclas de proteínas naturales. Al ser hidrolizadas en medio ácido este tipo de macromoléculas, rinden amino ácidos libres junto con algunos compuestos que no lo son y que evidentemente se formaron como productos secundarios durante la polimerización térmica³¹².

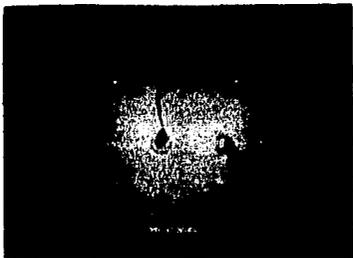
Se ha comprobado que ciertos proteínoides poseen una débil pero definida actividad hormonal. Muchas pruebas bioquímicas y el análisis de secuencias amino ácidas de las fracciones proteínoides purificadas, indican que, en condiciones relativamente sencillas, se forman de manera espontánea cadenas polipeptídicas cuyas secuencias no son debidas al azar. Evidentemente no se puede suponer que la reactividad de todos los grupos carboxilo y la de los amino es la misma, por lo consiguiente, no todos los amino ácidos deben de tener las mismas afinidades químicas para la formación de péptidos³⁹⁶.

Grossenbacher y Knight hicieron pasar una descarga de chispas a través de una mezcla de hidrógeno, metano, amoníaco y agua durante períodos que variaron entre 10 y 30 días³⁹⁶. Estos investigadores reportaron que a las 48 horas el líquido adquirió un color pajizo que se oscureció hasta el ám-

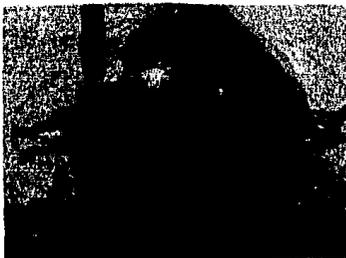


bar a medida que se agitaba, apareciendo en el seno del líquido pequeñas esférulas que aumentaron en número durante el experimento. Posteriormente, se informó que estas partículas estaban compuestas, en parte, por materia orgánica que, mediante hidrólisis ácida, produjo sustancias que cromatografiaban como los amino ácidos y daban positiva la reacción de la ninhidrina. Por el contrario, los amino ácidos solo pudieron ser identificados débilmente entre las 24 y -- las 48 horas³⁹⁶.

ANTES



DESPUES

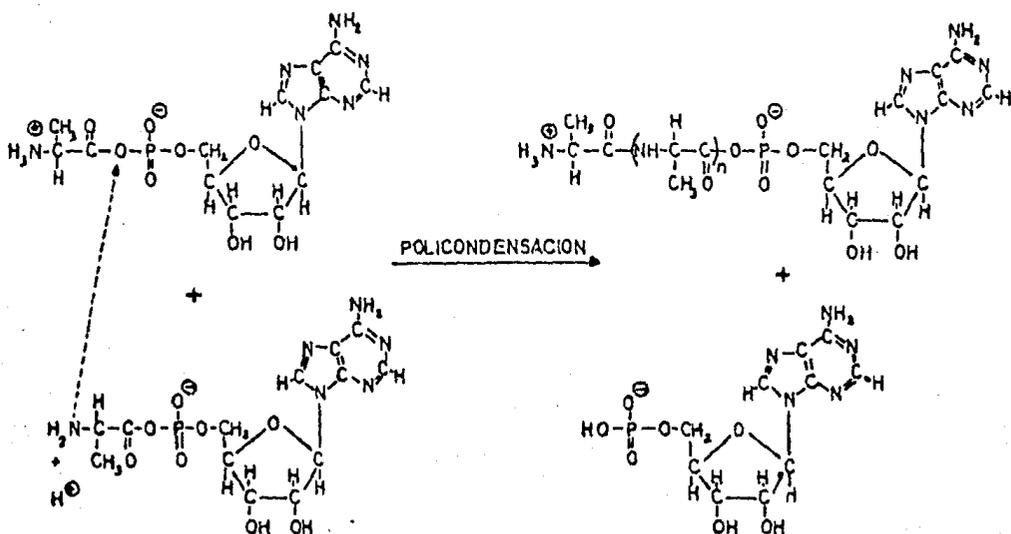


* MATRAZ DE DESCARGAS ELECTRICAS MULTIPLES DURANTE UN EXPERI-
MENTO.

Estos resultados están de acuerdo con la hipótesis de - que se formó primero un polímero que contenía residuos de amino áci dos y continuó formándose mientras, por un lado, daba lugar a va - rios amino ácidos por hidrólisis y por otro, a esférulas por separa ción del fluido. Seguramente estos polímeros fueron afectados por los rayos U.V., por lo que se piensa que tal vez los primeros poli- péptidos fueron moléculas estables que tendrían solo estructura pri maria y quizá, estructura secundaria. Kliss y Matthews aseguraron que esto conduciría a la formación de α -hélices que girarían hacia la izquierda y hacia la derecha. Posiblemente este ejemplo de la - capacidad de auto organización de la materia, fué un factor impor- tante en la selección de L-amino ácidos y en la evolución de la mor fología³⁹⁶.

Krampitz y Fox han demostrado que por incubación a pH 9 de una mezcla de amino-acil-adenilatos de los amino ácidos más comu

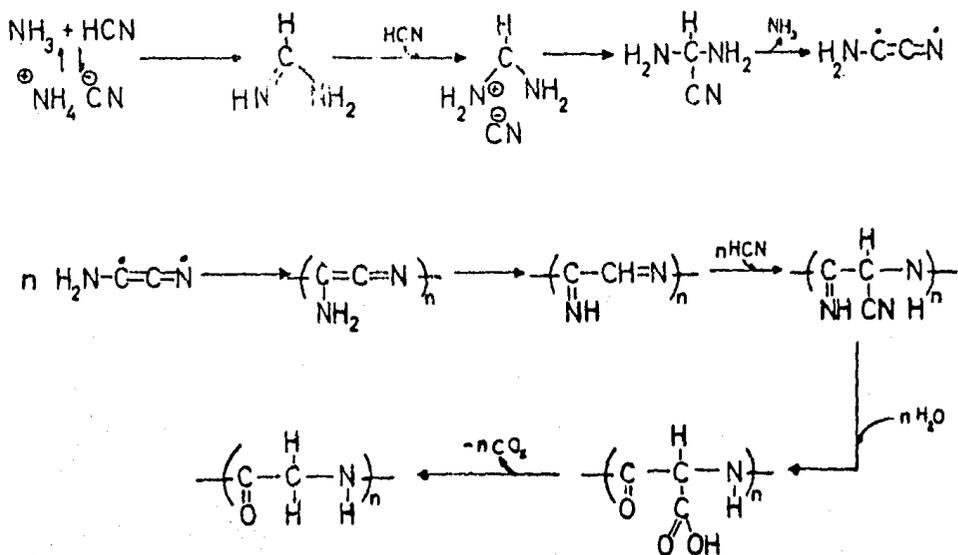
nes (operando a temperaturas suaves), se provoca la formación espontánea de proteinoides de elevado peso molecular^{312,372}.



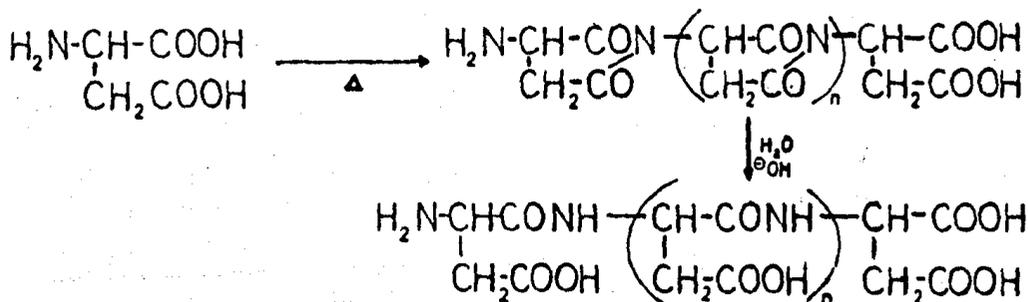
La formación de cadenas polipeptídicas resultó ser posible sobre la superficie de partículas de arcilla. Se comprobó que la montmorillonita fué capaz de promover la polimerización de polipeptidos a partir de amino-acil-adenilatos. La energía liberada -- por los iones fosfatos permitió que se construyeran dichos polímeros en presencia de agua¹⁶.

Los adenil-amino ácidos constituyen los precursores de la síntesis de proteínas en todos los organismos vivos, por lo tanto, es posible imaginar que esta polimerización sobre superficies de arcilla, a partir de los mismos precursores, pudo integrar una etapa temprana de la evolución de la síntesis biológica de las proteínas¹⁶.

Clifford, Matthews y Moser reportaron una serie de reacciones que pretenden explicar la formación de polipéptidos en condiciones abióticas³⁷⁸:

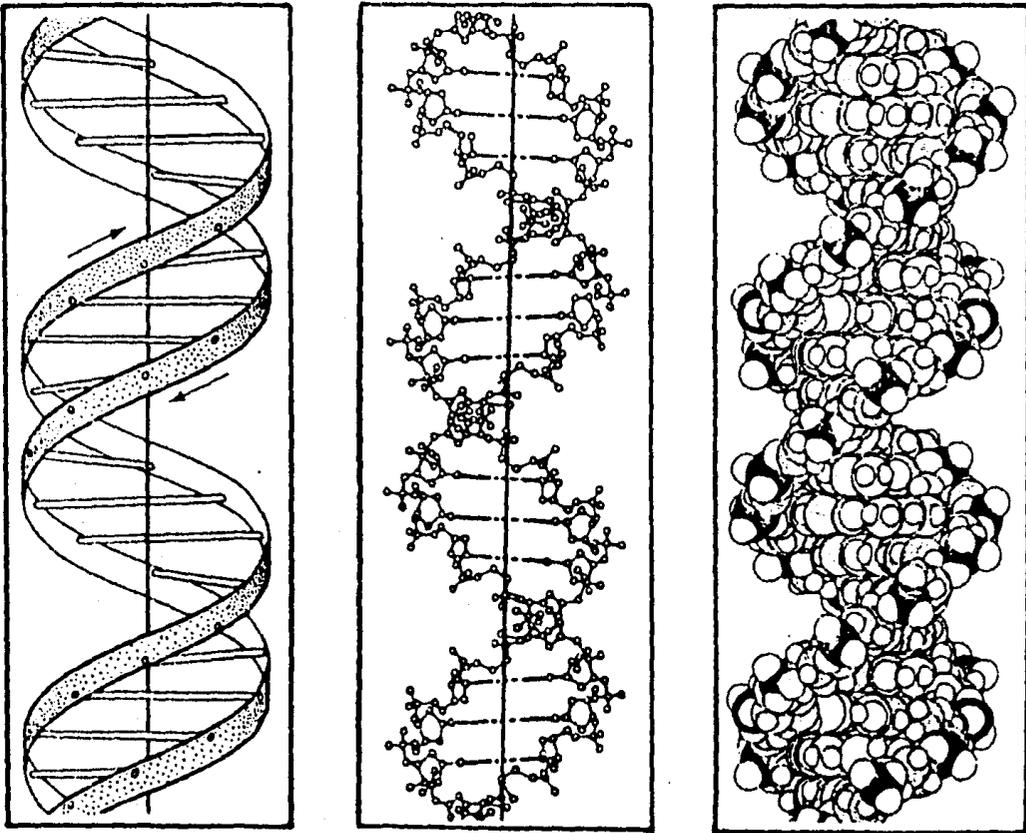


Para la síntesis de polímeros que contienen ácido glutámico, propuso las reacciones que se presentan a continuación¹³³:



Si bien, los polipéptidos pudieron aparecer en la tierra primitiva, un proceso paralelo debió de haber ocurrido al sintetizarse los primeros oligonucleótidos.

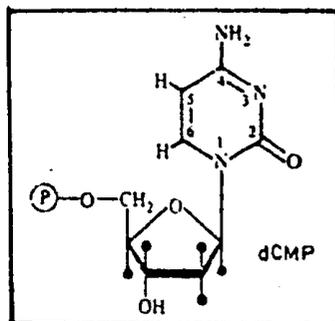
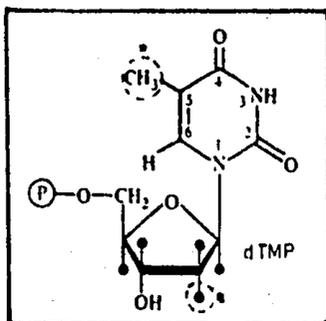
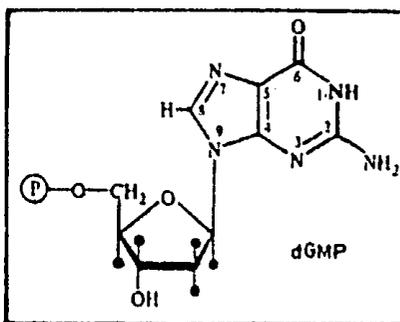
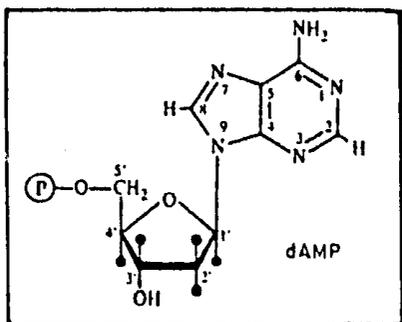
Hoy en día se sabe que la replicación del DNA es semi-conservativa y dependiente de las enzimas que intervienen en este proceso. El modelo espacial de este polímero fué propuesto inicialmente por Watson y Crick como se muestra a continuación³⁹³:



Cuando se calientan o se irradian con luz U.V. mezclas de nucleósidos con ésteres polifosfóricos, se producen varios tipos de mononucleótidos donde el grupo fosfato se puede encontrar esterificado en los átomos 2', 3', 4' o 5' de la ribosa.

Los \dagger desoxiribonucleótidos existentes en el DNA se - -

muestran a continuación con la numeración respectiva para la desoxi ribosa. Nótese que si en el carbón 2' se le adiciona un radical --OH, el azúcar se transforma en ribosa ³⁹³.



ESTRUCTURAS QUE CAMBIAN EN EL UMP (RNA)

Ponnamperuma y otros investigadores comprobaron que en el caso de las mezclas de adenina, ribosa y un agente abiótico de fosforilación, no solo se forma el ácido adélfico (AMP) sino también ADP y ATP ³¹².

El paso siguiente en el desarrollo químico de los ácidos nucleicos, consistió en la formación de enlaces internucleotídicos entre sucesivos mononucleótidos. Esto se ha conseguido operando en condiciones abióticas ^{16,123,372,397,398,399,400,401}, experimentando con mononucleótidos calentados a 50-60°C en presencia de ácido polifosfórico o de otros agentes condensantes.

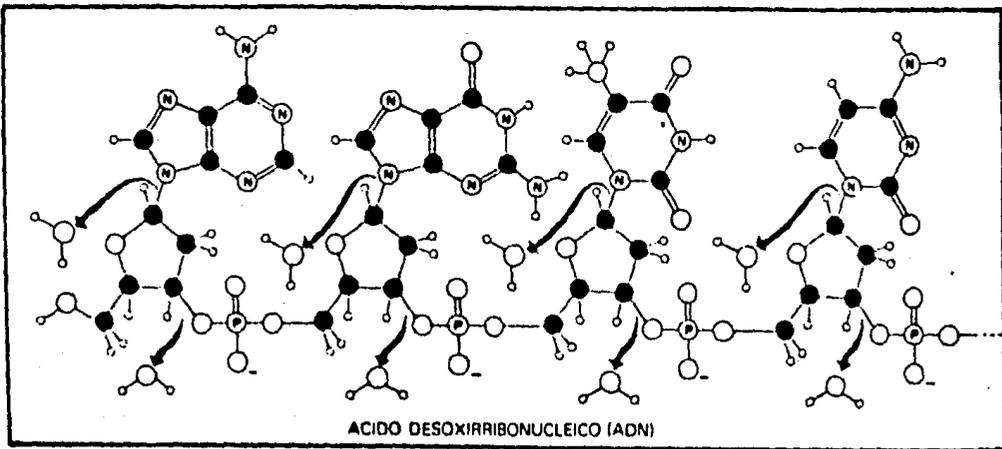
En la actualidad, el enlace internucleotídico de los oligonucleótidos preparados abióticamente, en la mayoría de los ca-

Es muy probable que los ácidos nucleicos primitivos tuvieran enlaces 2'-5'. El enlace 3'-5' que posiblemente tiene ventajas significativas sobre los otros tipos, pudo haber surgido con posterioridad una vez que se desarrollaron enzimas capaces de favorecer la síntesis de los enlaces 3'-5' con preferencia a los otros.³¹²

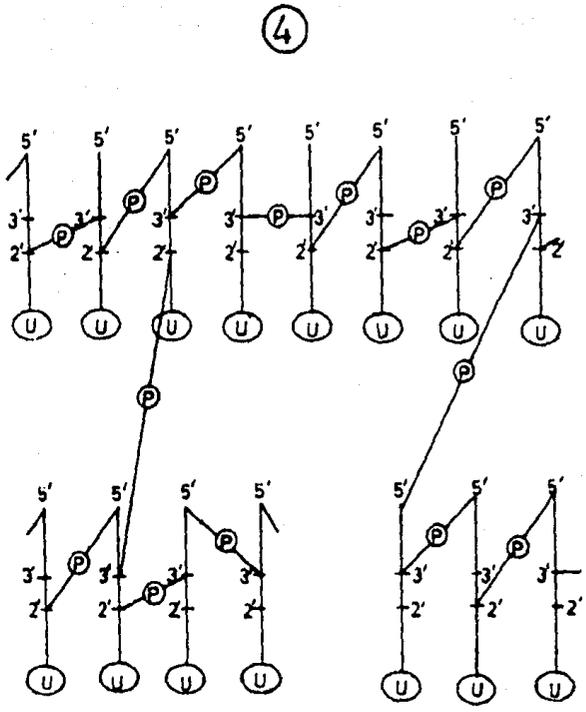
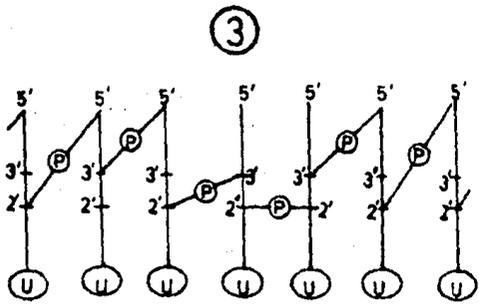
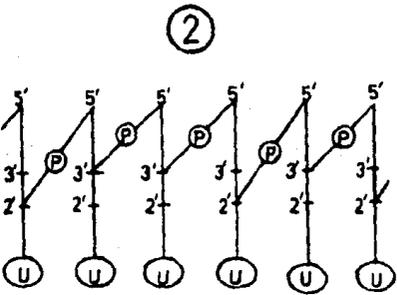
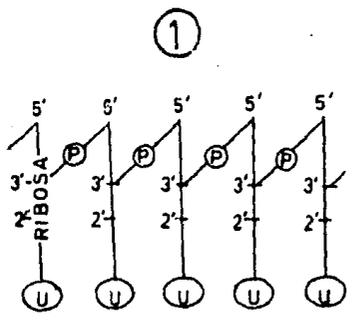
Estudios realizados con modelos moleculares muestran -- que se puede construir una doble hélice de DNA con bases apareadas y uniones del tipo 2'-5', pero al parecer, la hélice no es tan estable como la estructura basada en los enlaces 3'-5'. Por lo tanto, un mensaje genético almacenado en forma de hélice 2'-5' estaría menos seguro que otro de la forma helicoidal 3'-5'.

Una manera de asegurar que no se forme la hélice 2'-3', consiste en eliminar el grupo hidroxilo 2', eso es precisamente lo que hace diferenciar al DNA del RNA (además del cambio de timina -- por uracilo), por lo tanto, es posible que el DNA fuera el más primitivo de ambos polímeros almacenadores de información, apareciendo el RNA más tarde, cuando ya se habían desarrollado las enzimas que permitían la unión con el grupo hidroxilo 2'.³¹²

Se ha demostrado que se pueden formar polímeros de nucleótidos mediante condensaciones.¹⁶

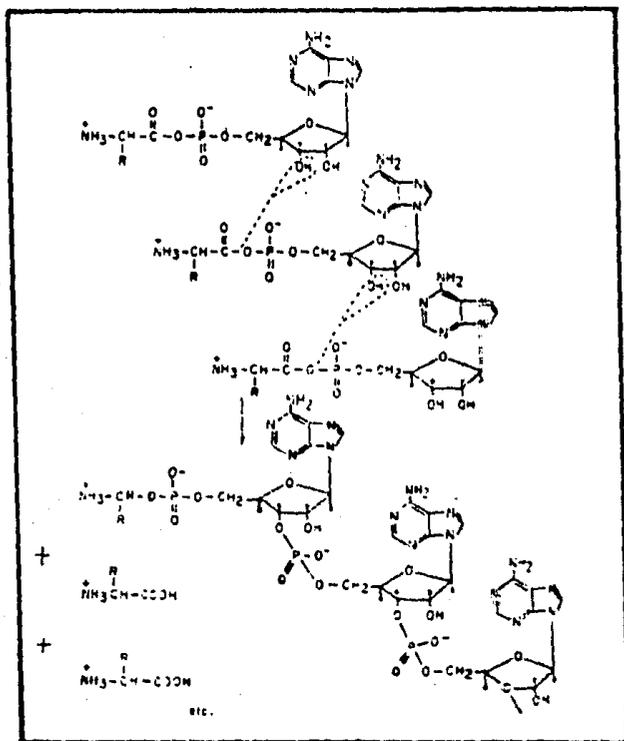


En las figuras presentadas a continuación, la número 1 indica la unión actual de los ácidos nucleicos (3'-5'). Los números 2, 3, y 4 son polímeros que se pueden formar por condensaciones de varios nucleótidos, en este caso, ácido poliuridílico³⁹⁹:



Ibañez y colaboradores pudieron obtener oligodesoxiribo nucleótidos mayores a 5 unidades con ayuda de la cianamida en presencia de montmorillonita¹²³.

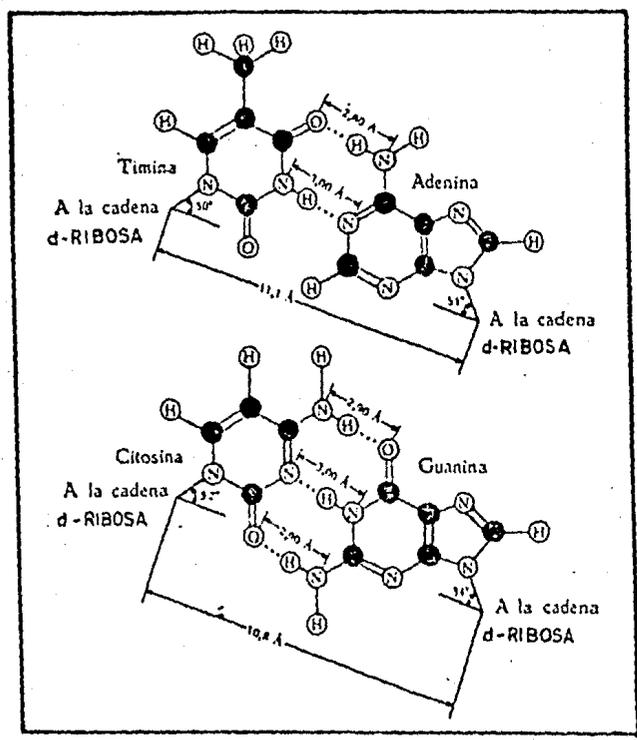
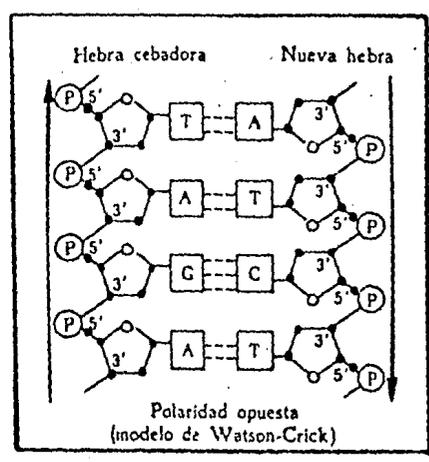
También se ha propuesto una formación hipotética de ácido poliadenílico a partir de diferentes adenilatos³⁷²:



Los experimentos modelo más reveladores, son los que -- utilizan el principio de apareamiento de bases inherentes a la doble hélice del DNA. Se sabe que los ácidos nucleicos funcionan como patrones o matrices, mientras que las proteínas no lo hacen. -- Por lo tanto, casi todos los experimentos modelo efectuados con sistemas patrón primitivos, se han llevado a cabo con ácidos nucleicos, mas que con proteínas³¹².

En el esquema que a continuación se expone, se muestran las bases apareadas de una doble hélice de DNA :

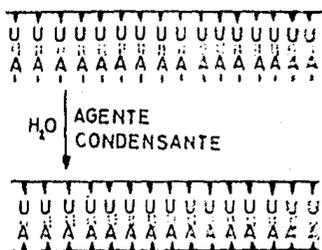
UNION DE DOS CADENAS DE DNA



DISTANCIAS QUE SEPARAN A LAS BASES COMPLEMENTARIAS.

Quando se mezclan disoluciones de derivados sencillos - de adenina y uracilo, que no contengan ni ribosa ni ácido fosfórico, espontáneamente se forman complejos adenina-uracilo en la disolución

estabilizados por uniones de hidrógeno. Tales complejos pueden obtenerse cristalizados en determinadas condiciones³¹². Del mismo modo, derivados de citocina y de guanina también forman complejos mixtos en disolución, pero las parejas citocina-adenina y uracilo-guanina, son menos estables. Estos trabajos indican que ni el azúcar, ni la columna vertebral de diésteres fosfóricos de los ácidos nucleicos son necesarios para el apareamiento específico de las bases. Se ha comprobado, por ejemplo, que cuando se mezcla AMP con ácido poliuridílico, se asocian moléculas del nucleótido libre, con restos uridílicos del poli-U por medio de uniones de hidrógeno tendidas -- entre bases complementarias y se forma espontáneamente una estructura helicoidal, pero con esqueleto covalente único como se muestra en la siguiente figura^{32,400},



*en muchos casos se facilitan los enlaces 2'-5' ó 5'-5'¹⁴⁰⁰.

Del mismo modo, el ácido policitidílico forma una hélice complementaria estable al mezclarlo -- con GMP libre.

Orgel y colaboradores, encontraron que la carbodiimida puede actuar -- como agente condensante para unir a cada uno de los -



ORGEL Y SANCHEZ³²⁰

nucleótidos que se van pegando a la cadena patrón y formar así, - - otra nueva cadena complementaria con enlaces internucleotídicos 2'-5',³¹².

Otros experimentos indican que puede existir una relación muy estrecha entre nucleótidos y péptidos al formarse proteí--noides complejos⁴⁰².

Se ha propuesto que la primera "forma de vida" estuvo basada en las proteínas, pero que no tuvo una dependencia con los --ácidos nucleicos. Una segunda hipótesis dice que esta "forma de vida" involucró la replicación de ácidos nucleicos pero que utilizó - un código genético para la síntesis de proteínas. La tercer idea - expresa que la primera "forma de vida" estuvo basada en la replicación de los ácidos nucleicos, utilizando un código primitivo para - la síntesis de proteínas⁴⁰³.

Hoy en día se sabe que el mecanismo de síntesis proteica es muy complejo, pero evidentemente se puede asegurar que ha evolucionado, sin embargo, los primeros péptidos dependientes del DNA que se formaron en la tierra primitiva debieron de haberse originado bajo mecanismos muy simples y desconocidos aún en la actualidad.

La secuencia de bases (en distintas combinaciones) del DNA, da como resultado una determinada proteína cuando los sillares del ácido nucleico (RNA) son "leídos" de 3 en 3. En este caso, vale la pena recordar que una secuencia de 3 bases codifica a un amino ácido, el cual es unido (por medio de un mecanismo complejo de --condensación) al amino ácido ligado al triplete inmediato (ver tabla # 13).

En la mayoría de los organismos actuales, el paso de - la información genética se lleva a cabo mediante la siguiente ruta: DNA que se transcribe a RNA y éste traduce el mensaje a manera de - proteína.

Es posible que en tiempos primitivos, los ácidos nucleicos sufrieran infinidad de cambios estructurales debidos a la radi-

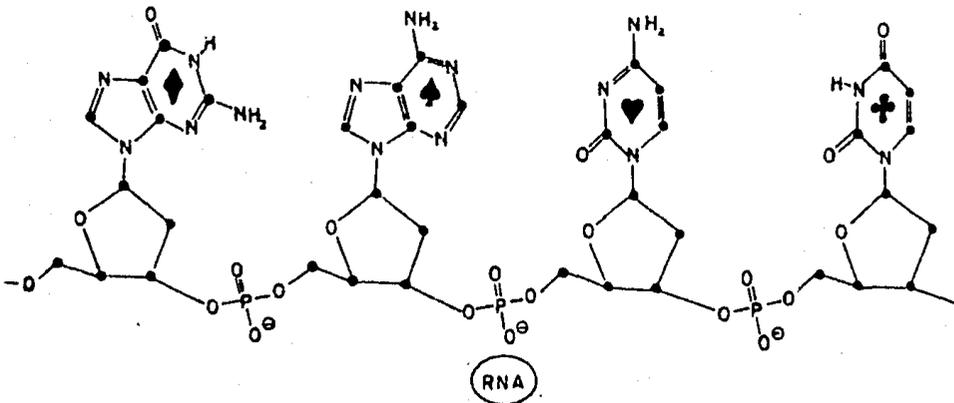
ción U.V.. Los sistemas pre-celulares que sufrieron cambios más re-
sistentes a este tipo de ataque, pudieron continuar la evolución --
del mecanismo de la síntesis de proteínas y de la duplicación del -
DNA para transmitir la herencia a los sistemas descendientes.

Posiblemente los primeros polipéptidos dependientes de
los ácidos nucleicos, tomaron como base segmentos de RNA para for-
marse.

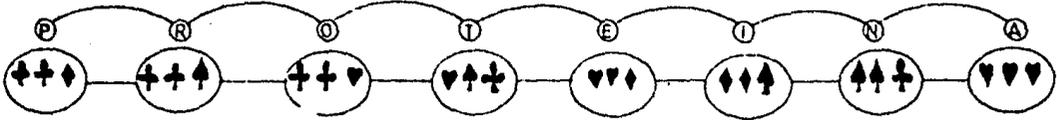
Gamow propuso un mecanismo de lectura de los tripletes
del RNA de una manera comprensible. Comparó las bases del código -
genético con los dibujos de los naipes de una baraja. Las letras -
del alfabeto representaban la traducción del mensaje proteico⁴⁰⁴:

♥♥♥ A	♦♦♦ B	♠♠♠ C	♣♣♣ D
♥♥♦ E	♥♥♠ F	♥♥♣ G	♦♦♥ H
♦♦♠ I	♦♦♣ N	♠♠♥ L	♠♠♦ M
♠♠♣ N	♣♣♥ O	♣♣♦ P	♣♣♠ R
♦♠♣ S	♥♠♣ T	♥♦♣ U	♥♦♠ -

Código a base de naipes de las triadas de nucleótidos



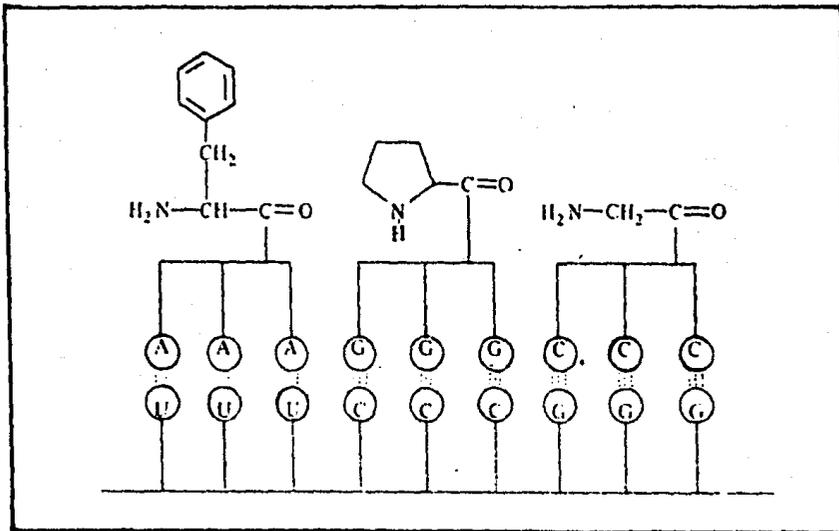
En este caso, para formar la palabra "PROTEINA", la secuencia nucleotídica debería de ser la siguiente:



donde cada una de las letras sería un amino ácido.

En la actualidad se sabe que el DNA pasa la información al RNA y este transporta el mensaje para que sea "leído" por los -- ribosomas y se sintetice la proteína, pero un mecanismo más simple debió de existir hace millones de años.

El siguiente esquema ilustra un posible mecanismo de -- síntesis primitiva de polipéptidos dependientes de RNA :



Algunos autores han propuesto que el código genético - primitivo debió de ser "leído" de 2 en 2 ^{127,404}.

La universalidad del código genético hace pensar que -- surgió una sola vez en el curso de la evolución biológica. El des-

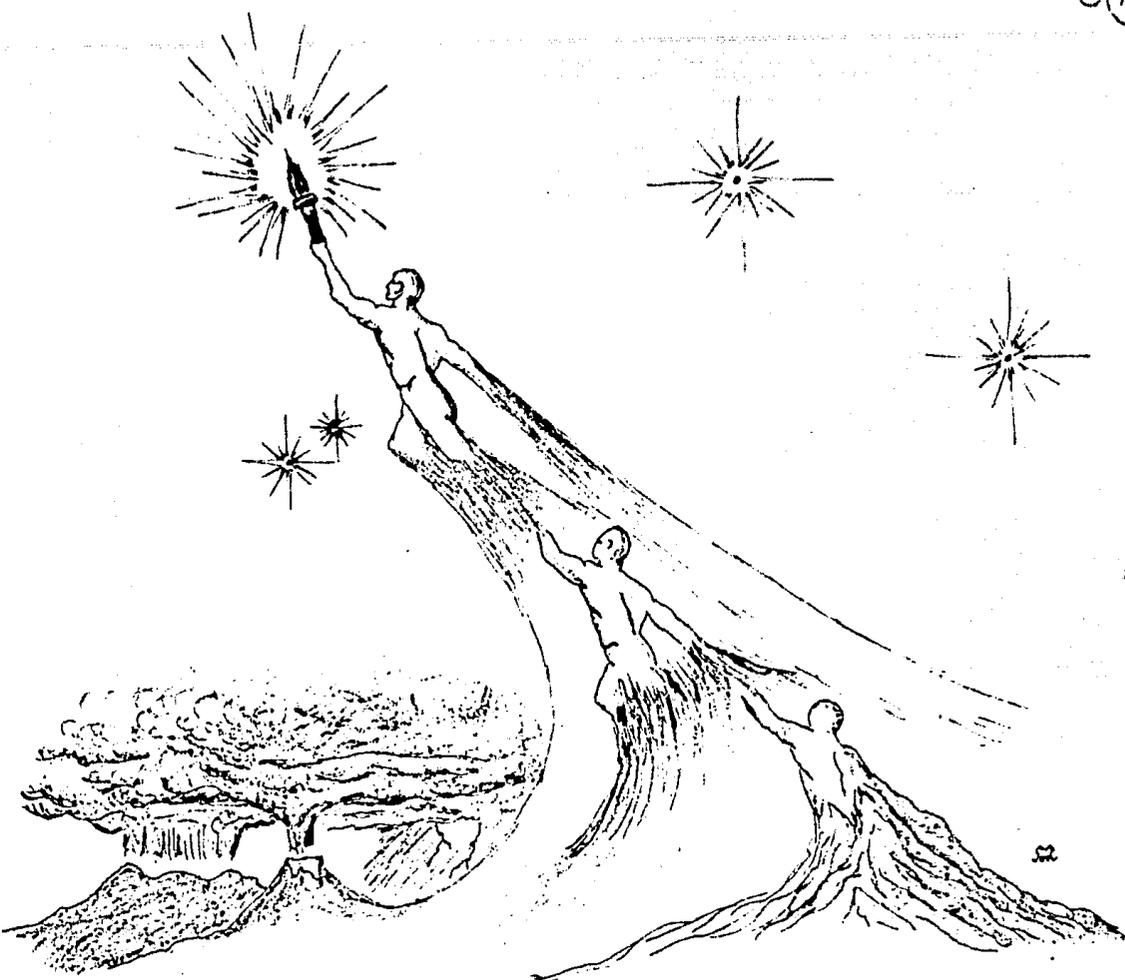
cubrimiento de que las 2 primeras letras de los vocablos del código poseen la mayor parte de la especificidad, se ha interpretado como un indicio de que el código amino ácido consistió, en tiempos primitivos, en un código de dobletes para un grupo de 15 amino ácidos primordiales como lo puede explicar la tabla de la derecha⁴⁰⁵.

Doblete	Aminoácido primordial	Adiciones	"Nuevo" aminoácido
AA	Lys	C o U	Asn
AC	Thr		
AG	Ser, Arg		
AU	Ile	G	Met
CA	His	A o G	Gln
CC	Pro		
CG	Arg		
CU	Leu		
GA	Asp, Glu		
GC	Ala		
GG	Gly		
GU	Val		
UA	End	C o U	Tyr
UC	Ser		
UG	Cys	G	Trp
UU	Phe		

Es posible que, en su forma primitiva, el código de dobletes utilizara un tercer nucleótido fraccionario (a manera de coma). Más tarde pudo haber surgido un nuevo mecanismo para incluir en las cadenas polipeptídicas, -- nuevos amino ácidos tales como la asparagina, glutamina, metionina, tirosina y el triptofano, para lo cual se requirieron tripletes de nucleótidos que pudieron formarse de aquellas "comas" del código -- original. Con toda probabilidad, los vocablos de código específicos para los distintos amino ácidos, surgieron a causa de la existencia de alguna relación con las estructuras químicas y las propiedades físicas de los amino ácidos, cuya naturaleza intrínseca aún no es conocida⁴⁰⁵. El complejo aparato genético de los organismos actuales es tan universal, que son pocas las pistas que brinda acerca de cual podría ser la forma más primitiva de tal estructura¹⁶.

Tanto la duplicación del DNA como la síntesis de las enzimas⁴⁰⁶ en condiciones abióticas, aún son enigmas que algún día se podrán aclarar. Lo que si parece ser real, es que seguramente las arcillas fueron factores muy importantes que facilitaron la polimerización de las biomoléculas. No es raro pensar entonces, que gracias al "barro" pudo surgir, en última instancia, la semilla que -- daría origen al primer organismo vivo, es cual cedió su lugar a la aparición posterior de la forma más perfecta y evolucionada de la vida...

...el HOMBRE.



"Que la tierra saque de su seno seres vivos según su especie: ganado, reptiles, animales del campo de diferentes especies"...

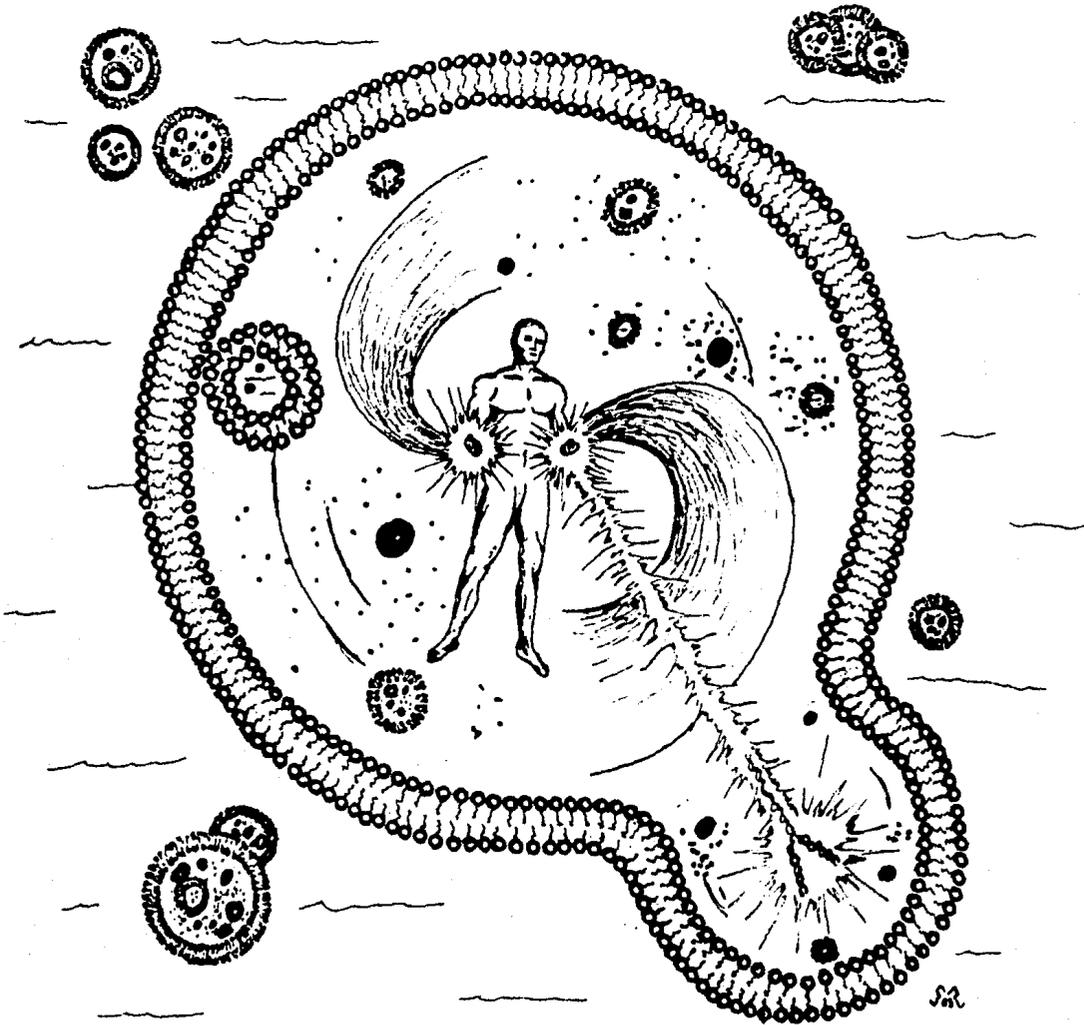
...Tiempo después, llegando el momento cumbre:

"El Señor Dios modeló al hombre del barro de la tierra y le sopló el aliento vital en los poros de la nariz: así quedó convertido el hombre en ser viviente".

Gen. 1,24 y Gen. 2,7

CAPITULO V

ORIGEN DE LOS SISTEMAS PRE-CELULARES



- ∞ SULFOBIO Y COLPOIDES
- ⊕ COACERVADOS
- ⊗ MICROESFERAS PROTEINOIDES
- ⊙ LIPOSOMAS

CAPITULO V

ORIGEN DE LOS SISTEMAS PRE-CELULARES

*"Dado el tiempo suficiente,
lo "imposible" llega a ser posible;
lo posible probable,
y lo probable prácticamente cierto.
Solo hay que esperar,
el tiempo por sí mismo....
...hace el milagro.*

G. Wald 1954



Es posible que después de la síntesis de las biomoléculas sobre la tierra primitiva, aparecieran los primeros sistemas pre-celulares, pero es necesario enfocar el -- problema del origen de la vida, hacia un examen de los mecanismos operantes en la transición de la materia a -- niveles cada vez más altos de organización y no hacia el descubri-- miento del punto preciso en el que la materia inorgánica u orgánica, dió lugar a los primeros sistemas vivos.

El origen de la vida, según los materialistas, se considera como el resultado de una serie de probables escalones de complejidad creciente, que conducen inevitablemente hacia el estado vi-- viente. Según esta hipótesis, cada paso conduce a un nivel supe-- rior de organización de la materia, porque posee propiedades, acti-- vidades y principios que no existían en los niveles inferiores⁴⁰⁷. La presencia de compuestos orgánicos, debió de establecer un nuevo orden de reactividad no inherente a los compuestos inorgánicos.

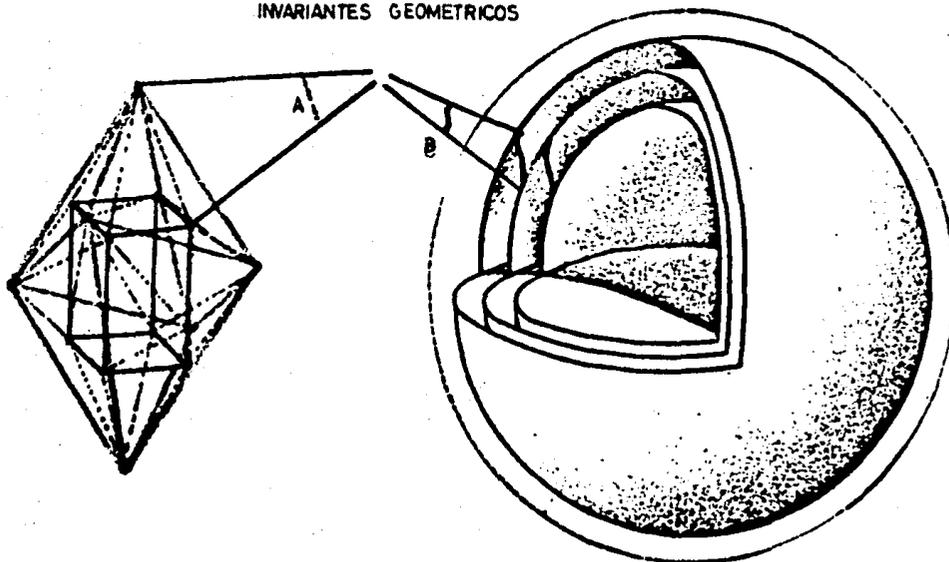
La autoperfección de la biósfera en evolución, brinda -- un ejemplo excelente de la naturaleza dinámica de las multiplicida-- des pluriconvexas.

Para cada período evolutivo existe o existió, una serie única de relaciones termodinámicas que fijan la densidad del flujo

energético y la capacidad de mejorar la diferenciación bioenergética⁴⁰⁸.

Irónicamente, la utilización más perfecta de una modalidad determinada de densidad bioenergética, acelera el agotamiento de los recursos inherentes a ese régimen. Al aproximarse al punto crítico, la biósfera deberá de realizar una transformación cualitativa que la llevará a una multiplicidad de orden superior para poder seguir evolucionando; la causalidad del sistema anterior se va haciendo más ténue e inestable y comienzan a manifestarse, como singularidad, fuerzas que hasta este punto permanecían al margen del sistema. Estas fuerzas cobran al fin hegemonía y se encargan de -- llevar a la biósfera al siguiente nivel, en el cual se redefine por completo la gama de recursos disponibles. Las leyes, pues, han cambiado y los recursos que antes escaseaban, se vuelven abundantes en una multiplicidad de orden superior⁴⁰⁸. Esto puede suceder cuando -- cierto sistema tiene una energía libre en exceso, de manera que, -- parte de ella la consume para retroalimentarse y la sobrante, la -- puede utilizar para dar origen a otro sistema de energética mayor.

INVARIANTES GEOMETRICOS



En los modelos anteriores se muestra una idea de estas

multiplicidades que dan lugar a otras con un estado de evolución -- superior más complejo y energético (las interacciones entre materia y energía pueden producir organizaciones fisicoquímicas cada vez más complejas). A y B representan las invariantes geométricas respectivas que unen una capa inferior con una superior⁴⁰⁹.

Estos modelos e hipótesis, pueden ser la explicación a los problemas que han presentado algunos experimentos abióticos, ya que en muchos casos se buscan estructuras químicas o sistemas moleculares actuales, cuando en realidad, la multiplicidad de orden inferior pudo haber sido muy diferente.

El gran interés en buscar sustancias bioquímicas actuales, es responsable de que algunos compuestos prometedores estén -- siendo descartados como un revoltijo de alquitranes inservibles o -- estén siendo considerados como no relacionados con el problema del origen de la vida³⁹⁵, y es que no se puede buscar la geometría actual proveniente de geometrías anteriores, sin antes localizar la invariante geométrica⁴⁰⁹.

Existen actualmente razones para creer que la vida fué -- el resultado inevitable de la evolución gradual de la materia y no tuvo que depender de sucesos accidentales probables³⁹⁶.

El núcleo de la tesis, es que evolucionaron paralelamente dos líneas diferentes de química orgánica durante la mayor parte de la evolución química; una que tenía lugar en el medio ambiente -- y otra, en las gotitas microscópicas que se habían separado de este medio al principio de la historia química³⁹⁶. En el medio, fueran -- océanos primordiales, mares o lagunas periódicas, la mezcla indiscriminada de todos los componentes, tendería a producir una homogeneidad mas que una diversidad. Dentro de las estructuras pre-celulares microscópicas, la actividad química pudo hacerse más limitada y evolucionar gradualmente a lo largo de líneas distintas de las -- del medio no restringido. La nueva organización de las sustancias químicas dentro de los sistemas pre-celulares, pudo introducir un -- nivel nuevo de actividad química que, a su vez, logró incrementar --

más la diferencia entre la química de las gotitas y la del medio ambiente primitivo³⁶.

Aquellas formaciones relativamente simples, que en un momento dado, surgieron a partir de los materiales orgánicos disueltos en aguas del océano primitivo, debieron evolucionar tanto por lo que respecta a su organización espacial, como por lo que se refiere a su organización en el tiempo o gradual armonización de los procesos ocurridos en su interior³¹. En la hidrósfera primitiva debió de aparecer una gran variedad de sustancias diferentes, a veces de peso molecular muy elevado, entre las que se podrían contar (concretamente), polipéptidos albuminoideos, polinucleótidos, lípidos, etc. las cuales pudieron formar coloides con el medio que las rodeaba.

Se ha podido observar que las dispersiones de coloides hidrófilos, al lado de su capacidad de coagulación, pueden también experimentar un fenómeno de "desdoblamiento". En este caso, la solución se separa en dos estratos o capas, una rica en sustancias coloidales y otra consistente en un líquido conteniendo apenas coloide, que se halla claramente delimitada de la anterior³¹.

Algunos investigadores como Oparin, Fox, Herrera y otros, han propuesto algunos modelos que tratan de explicar el comportamiento de los primeros sistemas pre-celulares. A continuación se citan algunos de ellos:

SULFOBIO Y COLPOIDES

En la actualidad se podría criticar el efectuar investigaciones con objeto de lograr la formación de una célula viviente auto-reproducible sin tratar de crear primero, el sistema genético con base en la doble hélice antiparelela de los ácidos desoxiribonucleicos. Pero toda esta información era totalmente desconocida a principios de siglo. Lo fundamental para esa época, lo constituía el citoplasma o protoplasma: el coloide viviente³⁵.



HERRERA¹³⁵

Alfonso L. Herrera (precursor de la plasmogenia)⁴¹⁰, se enfrentó con gran valor a las teorías vitalistas existentes en su tiempo. Con grandes carencias, pudo realizar experimentos antes de que Oparin publicara su teoría del origen de la vida. Oparin llegó a intercambiar opiniones con Alfonso Herrera y lo mencionó de una manera muy positiva en una carta dirigida al Doctor Carlos del Río (profesor de la U.N.A.M. que ha honrado con sus brillantes cátedras a la Facultad de Química)¹³⁵.

Herrera estableció (como una gran posibilidad) que el ácido sulfocianhídrico, por su gran reactividad, y el formaldehído, capaz de combinarse con multitud de moléculas y hasta consigo mismo, pudieron haberse unido produciendo material celular. Así nació la "teoría sulfociánica" del origen del citoplasma, no como una solución y un resultado final, sino como un punto de partida y un reto a los otros investigadores, para que rechazaran esta proposición o para que sugirieran nuevos métodos¹³⁵.

Herrera mezclaba soluciones acuosas de formaldehído con tiocianato de amonio, produciendo esto, la formación de suspensiones coloidales de materiales con alto peso molecular llamadas sulfobios, que después de ser fijadas con formaldehído o alcohol, se agregaban formando estructuras microscópicas complejas, que simulaban "células vivientes fijadas". Por supuesto que esta sorprendente morfología no puede, por si misma, ser un criterio indicativo de organización biológica. Sin embargo, estos estudios fueron muy interesantes en el sentido de que demostraron que, por tratamiento de coloides, podían formarse una amplia variedad de estructuras extraordinariamente similares a las formas vitales¹³⁵.

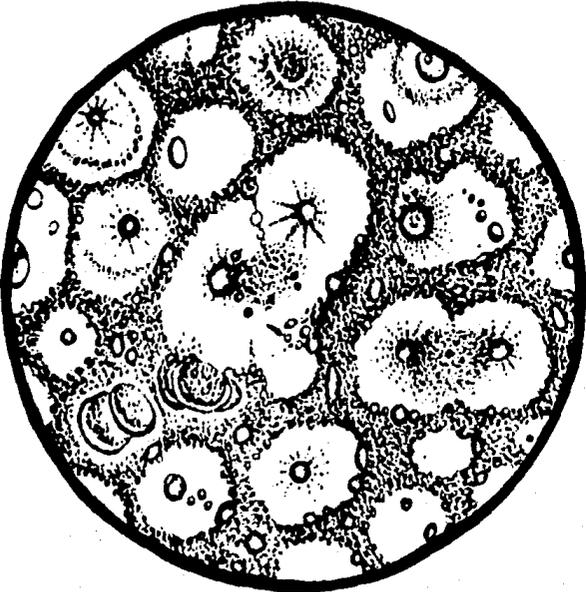
En 1942 Herrera publicó en *Science*⁴¹¹ un artículo corto - en el cual expuso un resumen de sus experimentos para obtener sulfobios

bios y colpoides. Propuse que las estructuras de tiocianato formadas, podrían desarrollarse en la naturaleza como un resultado, por ejemplo, de la actividad volcánica. Estas estructuras, no solo son creaciones morfológicas que llaman la atención cuando se observan al microscopio, sino que Herrera, logró analizar la composición química



A. HERRERA 135

ca de sus formaciones y describió vestigios de almidón, la síntesis de dos amino ácidos, un producto de condensación de carácter proteínico y glóbulos de pigmentos verdes, rojos y amarillos¹³⁵.



SULFOBIOS¹³⁵

En un seminario internacional sobre el origen de la vida, celebrado en Moscú en 1974, S. Fox habló de los sulfobios diciendo "La característica notable de los experimentos de Herrera con estos sulfobios es que en 1941 usó compuestos que hasta 1968 se identificaron como materias primas orgánicas presentes en nuestra galaxia. Es desafortunado que los supuestos polímeros

de Herrera no fueran adecuadamente caracterizados y que las proteínas

pieidades de sus sulfobios no se catalogaran aparte de su sugestiva morfología" ¹³⁵.

Herrera pudo obtener otras estructuras a las cuales llamó colpoides ⁴¹¹. Los preparó a partir de mezclas entre aceite de oliva y gasolina. Posteriormente agregó gota a gota una solución de hidróxido de sodio y tiñó la dispersión con hematoxilina ⁴¹¹. En el artículo que publicó estos interesantes datos, también mencionó que se podían observar estructuras de tipo sarcodario y que eran inhibidas con la adición de cloroformo ⁴¹¹.



SULFOBIOS Y COLPOIDES ^{48,412}

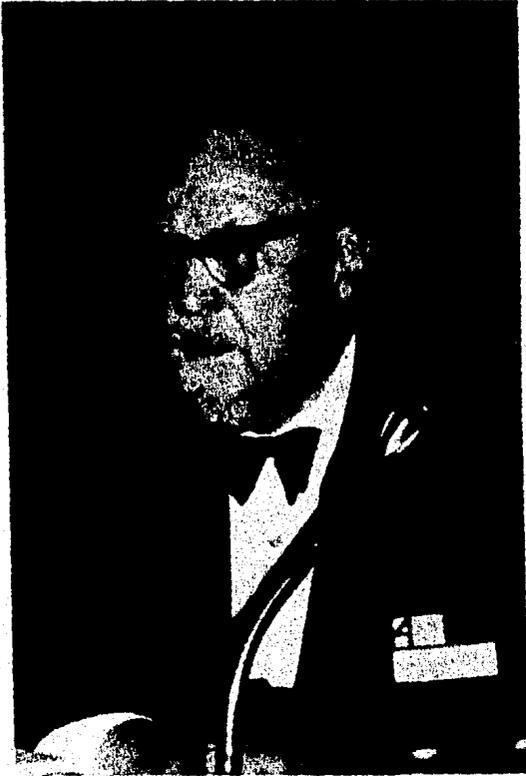
Herrera sugirió que la adición de goma arábica podía alargar la "vida" de los colpoides ⁴¹⁰.

La morfología de muchas de las estructuras obtenidas por este investigador, ha sido extraordinariamente comparable con diversos cortes histológicos de vegetales, granos de polen de plantas fanerógamas, espermatozoides de mamíferos, bacterias, algas, hongos y hasta protozoarios ¹³⁵.

COACERVADOS

Bungenberg de Jong bautizó con el nombre de coacervación al fenómeno de "desdoblamiento" que se puede observar en las soluciones de coloides hidrófilos. Al fluido rico en coloides, lo llamó coacervado y a la solución en equilibrio con el anterior y pobre en coloides, líquido equilibrante. Con frecuencia, el coacervado no se desprende en forma de un estrato compacto, sino que adquiere el aspecto de gotitas diminutas suspendidas en el seno del líquido equilibrante fácilmente visibles al microscopio al igual que los sulfobios, colpoides y las microsferas proteinoideas ¹³¹.

Los coacervados pueden ser obtenidos no solamente con ayuda de soluciones de proteínas, sino también a partir de otros tipos de coloides hidrófilos e incluso hidrófobos. De esta manera, - por ejemplo, se forman a partir de las sales complejas del cobalto, del silicato de sodio y amonio y de sustancias orgánicas tales - - como los derivados polivinílicos, soluciones de acetil celulosa en cloroformo y benzol. etc.¹³¹.



OPARIN⁴¹³

Oparin dedicó gran parte de sus experimentos al estudio de los coacervados. Propuso que podían representar un poderoso factor (durante la evolución de las sustancias orgánicas) para favorecer la concentración de los compuestos de elevado peso molecular y concretamente, la de los productos albuminoides presentes en la hidrosfera terrestre¹³¹.

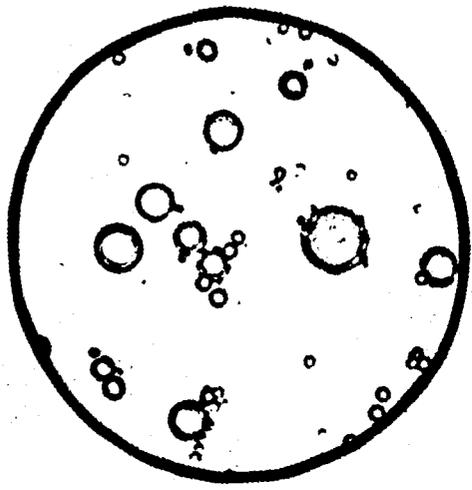
de la gran molécula de proteína⁷⁹.

Cuando las proteínas se disuelven en agua, parte de sus moléculas obtienen carga eléctrica y así, eléctricamente cargadas, atraen moléculas de agua, que les forman una capa organizada alrededor

Un coacervado complejo se puede producir a partir de un conjunto de moléculas de proteínas, carbohidratos y a veces ácidos nucleicos, rodeado por una capa de moléculas de agua. Este puede existir bajo el aspecto de un coacervado unitario o dando lugar a dos o más coacervados distintos, no miscibles entre si, de modo que las gotas de uno pueden contener pequeñas gotitas de otro¹³¹.

Se ha podido observar que si se rompe la membrana celular de las algas y se exprime el citoplasma al medio acuoso circundante, aquel no se mezcla con el agua, sino que se fragmenta en una multitud de gotitas nítidamente delimitadas, muy semejantes por su aspecto exterior a las gotas coacervadas artificiales, aunque dotadas de varias propiedades características del protoplasma intacto¹³¹.

Existen también muchos puntos de analogía entre los coacervados artificiales y el protoplasma por lo que respecta al fenómeno de la vacuolización. Bajo la acción de varios factores que reducen su grado de hidratación, los coacervados complejos desarrollan unas vacuolas nítidamente circunscritas, a veces persistentes



COACERVADOS¹⁶

bajo el aspecto de diminutas burbujas, aunque también pueden confluir adoptando la forma de una gran vacuola. Muchos autores han propuesto que el protoplasma celular constituye un sistema de este tipo de coacervados.

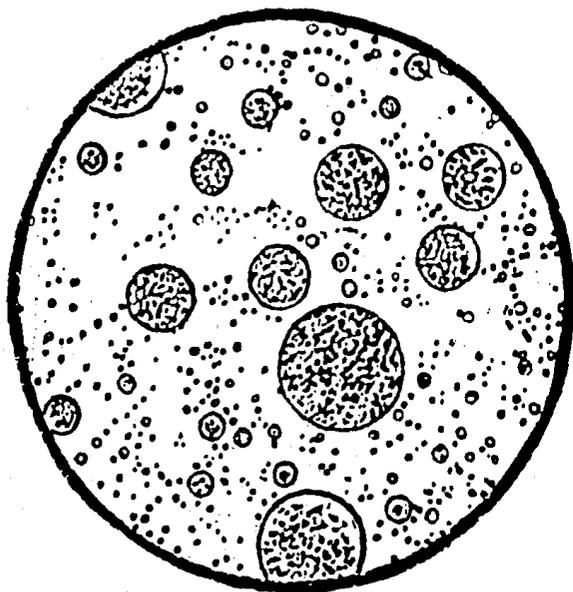
Estos modelos de sistemas pre-celulares pueden formar membranas partiendo de moléculas de proteína (albuminoides) o de la asociación de estas con otros productos (lipoi-

des, polisacáridos, etc.). Precisamente esta circunstancia podría explicar el hecho de que, tanto como los coacervados proteicos como el protoplasma (mediante la destrucción de células suspendidas en agua), den lugar a unas nítidas superficies limitantes poseedoras de una considerable firmeza estructural¹³¹.

Algunos investigadores han sometido a estudio los coacervados de gelatina y oleato potásico, habiendo llegado a la conclusión de que en ellos existen películas micelares de estructura similar al modelo de doble capa propuesto para la membrana celular¹³¹.

En este caso, los coacervados binarios son fáciles de estudiar con ayuda de técnicas de tinción, por ejemplo, las gotas de gelatina-

nucleinato de sodio, situadas en el seno del coacervado gelatina-goma arábiga, se tiñen selectivamente con el azul de metileno¹³¹.

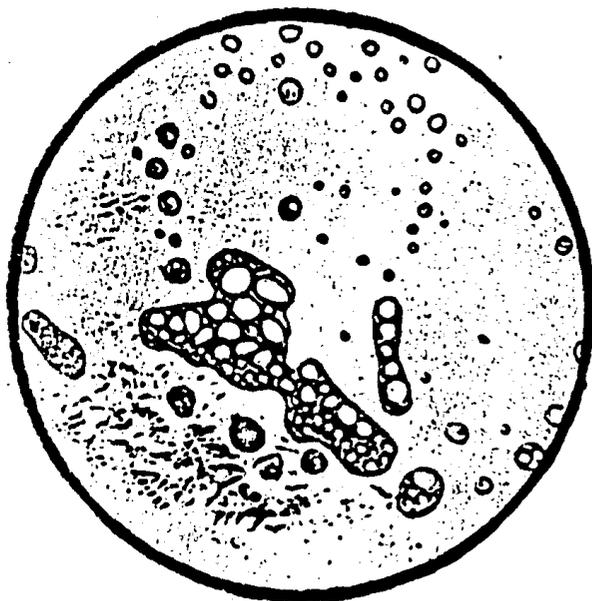


COACERVADOS SIMPLES⁴³

B. de Jong obtuvo coacervados sencillos partiendo de soluciones acuosas de gelatina, mediante la adición de sustancias deshidratantes como alcohol y sulfato de sodio. Ambos productos rebajan la hidratación de las par-

tículas de gelatina y por igual motivo su solubilidad. Como resultado de ello, la solución se desdobra en dos estratos por calentamiento a 50°C¹³¹.

Los coacervados complejos, pueden a sí mismo, ser producidos con facilidad poniendo en contacto las proteínas con grasas y otros lipoides. B. de Jong se interesó en particular por un coacervado integrado por gelatina y oleato potásico, debido



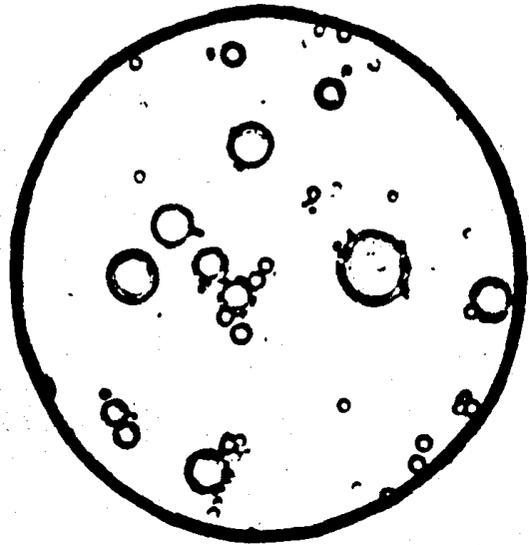
COACERVADOS COMPLEJOS⁴³

a las estructuras y membranas limitantes biomoleculares que originó.¹³¹

Se ha podido observar que si se rompe la membrana celular de las algas y se exprime el citoplasma al medio acuoso circundante, aquel no se mezcla con el agua, sino que se fragmenta en una multitud de gotitas nítidamente delimitadas, muy semejantes por su aspecto exterior a las gotas coacervadas artificiales, aunque dotadas de varias propiedades características del protoplasma intacto¹³¹.

Existen también muchos puntos de analogía entre los coacervados artificiales y el protoplasma por lo que respecta al fenómeno de la vacuolización. Bajo la acción de varios factores que reducen su grado de hidratación, los coacervados complejos desarrollan unas vacuolas nítidamente circunscritas, a veces persistentes

bajo el aspecto de diminutas burbujas, aunque también pueden confluír adoptando la forma de una gran vacuola. Muchos autores han propuesto que el protoplasma celular constituye un sistema de este tipo de coacervados.

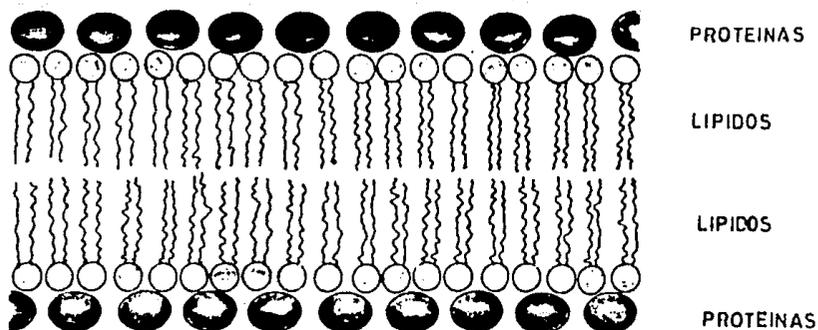


COACERVADOS¹⁶

Estos modelos de sistemas pre-celulares pueden formar membranas partiendo de moléculas de proteína (albuminoides) o de la asociación de estas con otros productos (lipoides,

polisacáridos, etc.). Precisamente esta circunstancia podría explicar el hecho de que, tanto como los coacervados proteicos como el protoplasma (mediante la destrucción de células suspendidas en agua), den lugar a unas nítidas superficies limitantes poseedoras de una considerable firmeza estructural¹³¹.

Algunos investigadores han sometido a estudio los coacervados de gelatina y oleato potásico, habiendo llegado a la conclusión de que en ellos existen películas micelares de estructura similar al modelo de doble capa propuesto para la membrana celular¹³¹.



Estas gotas coloidales pueden ser capaces de acumular - grandes cantidades de una substancia determinada, tomándola del seno de una débil solución exterior, al mismo tiempo, sin embargo, solamente en proporción muy reducida se apoderan de otras substancias presentes en el medio, incluso a concentraciones muy elevadas. Esto se debe, por una parte, a que las moléculas del coacervado absorben específicamente unos productos determinados y por otra, a que la solubilidad de estos productos en el líquido de solvatación, es distinta a la solubilidad en agua. Algunos de los productos absorbidos - por el coacervado llegan a formar parte de su líquido interno, mientras que el resto, pueden unirse a las partículas mismas del coloide, en ocasiones combinándose químicamente con ellas. Al parecer - ciertos elementos influyen grandemente en la turgencia de la membrana; los iones calcio producen un espesamiento de la misma, en tanto que los iones potasio, debilitan la película superficial¹³¹.

Oparin trabajó inicialmente con coacervados preparados con gelatina y goma arábica haciendo variar el pH de las dispersiones. También logró obtener coacervados a partir de gelatina-goma arábica y la sal sódica del ácido nucleico de la levadura¹³¹.

Este investigador descubrió que las gotitas "sobreviven" un tiempo

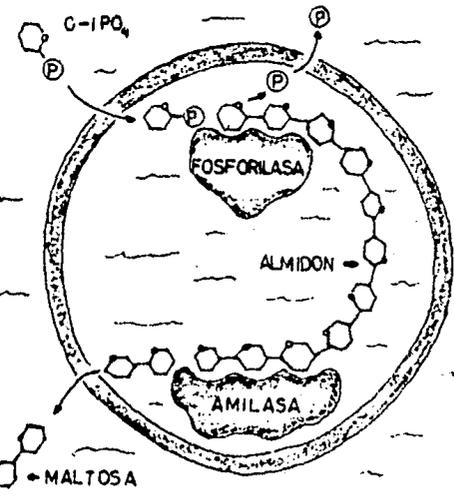


OPARIN 135

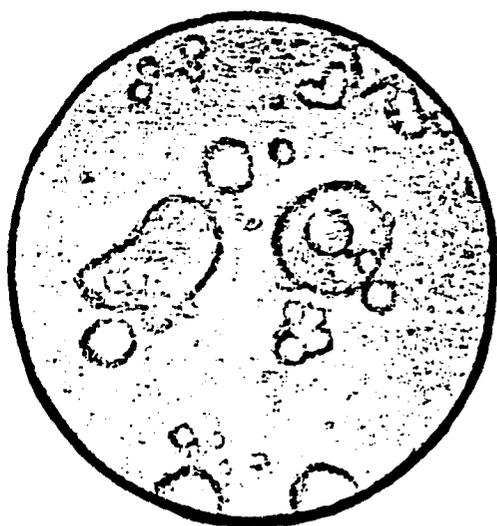
mayor si son capaces de llevar a cabo reacciones de polimerización. Añadió fosforilasa a una solución que contenía histonas y goma arábiga, quedando la enzima concentrada en el interior del coacervado. Posteriormente añadió glucosa 1 PO₄ al agua del medio y esta difundió hacia el interior de las gotitas. Posteriormente el azúcar se polimerizó por acción de la fosforilasa para dar como producto, almidón. Debido a que la goma arábiga, es ya un polímero -- glucosídico, el almidón formado aumentaba el tamaño de las gotitas al irse añadiendo a la goma ya presente. La energía para la polimerización procedió del enlace fosfato de la glucosa 1 PO₄. El fosfato inorgánico liberado -

volvó a difundirse al exterior de las gotitas, acumulándose en la solución como producto de desecho^{16,131}.

Cuando el tamaño de los coacervados se hace excesivo, estos se rompen espontáneamente dando lugar a varias gotitas hijas, las cuales, si por casualidad, reciben moléculas de fosforilasa, pueden seguir creciendo aunque a velocidad menor¹⁵.



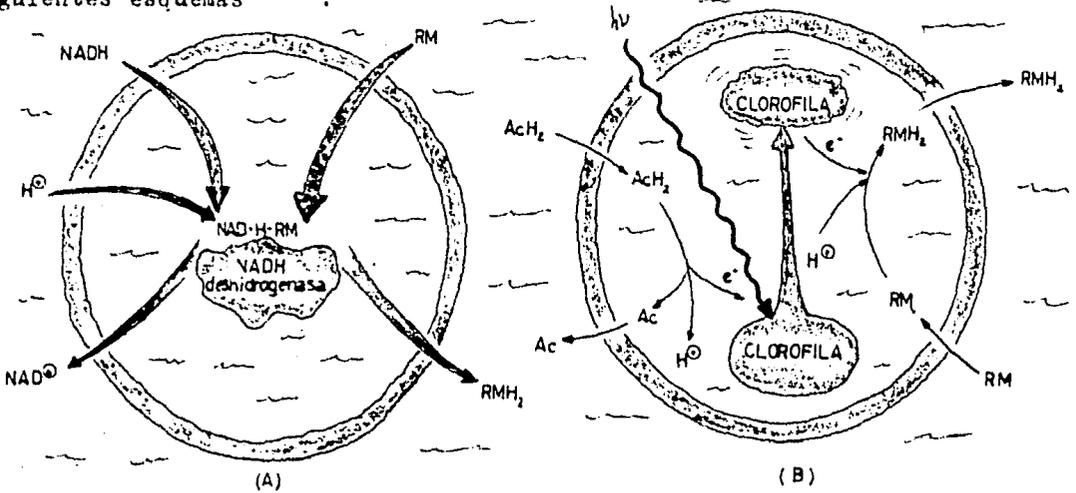
los cuales salen del coacervado. En este caso se puede pensar que



COACERVADOS(gelatina-g-arabiga-RNA)^{48,133}

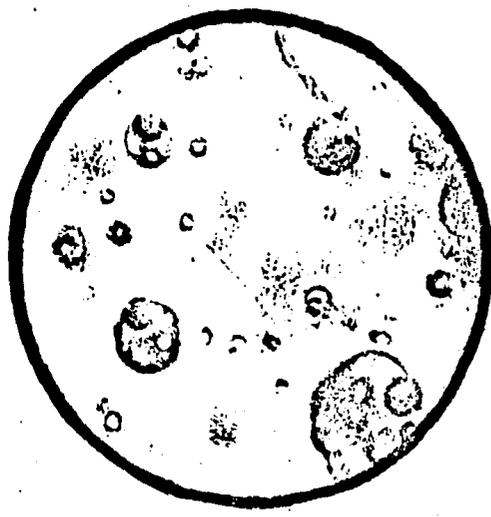
estas gotitas son pequeñas fábricas, alimentadas por la energía del enlace del fosfato con la glucosa y que sirven para la dimerización de la glucosa + PO₄ a maltosa¹⁶.

Oparin también demostró que los coacervados pueden llevar a cabo reacciones de oxido-reducción como lo demuestran los siguientes esquemas^{16,131,312}:



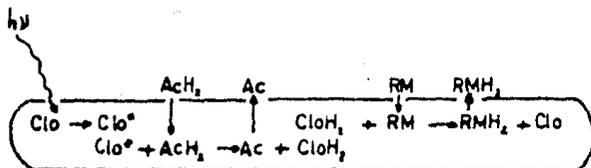
En la figura A, se lleva a cabo una reacción entre el - nicotinamida-adenin-dinu- - cleótido, la enzima NADH -- deshidrogenasa y el rojo de metilo.

En la figura B, se ejemplifica un experimen to realizado a partir de -- coacervados que contenían - clorofila (figura de la de- recha). Al activarlos con la ayuda de la luz visible, los electrones exitados de la clorofila son capaces de reducir al rojo de metilo, luego la clorofila vuelve a recuperar sus electrones a partir del - ácido ascórbico (reducido), el cual se oxida en el proceso y sale -



COACERVADOS CON CLOROFILA⁴¹⁴

de las gotitas. La ecuación se resume de la siguiente manera⁴¹⁴:



hv = LUZ

Cio = CLOROFILA

Ac = AC. ASCORBICO

RM = ROJO DE METILO

Posiblemente la coacervación debió de producirse por la enorme complejidad y variedad de las reacciones químicas ocurridas en la hidrósfera, así como por la aglomeración de polímeros orgánicos en la "sopa primitiva"⁴¹⁵. Pero se debe tener muy en cuenta que no es posible considerar a estos coacervados como los predecesores de las células vivas, ya que con toda seguridad, los polímeros empleados por Oparin y otros investigadores en sus experimentos, no existían en la tierra primitiva como tales. Deben considerarse -- por lo tanto, como análogos a los sistemas de comportamiento químico complejo, que pudieron aparecer bajo la influencia de fuerzas naturales¹⁶.

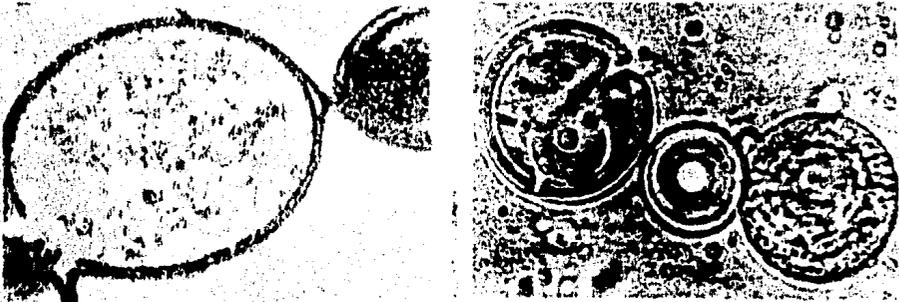
MICROESFERAS PROTEINOIDES

El interés de Sidney Fox en las gotitas de tipo coacervado, se desarrolló a partir de sus trabajos con los proteínoides -
 123,133,164,174,184,194,204,214,224
 termales

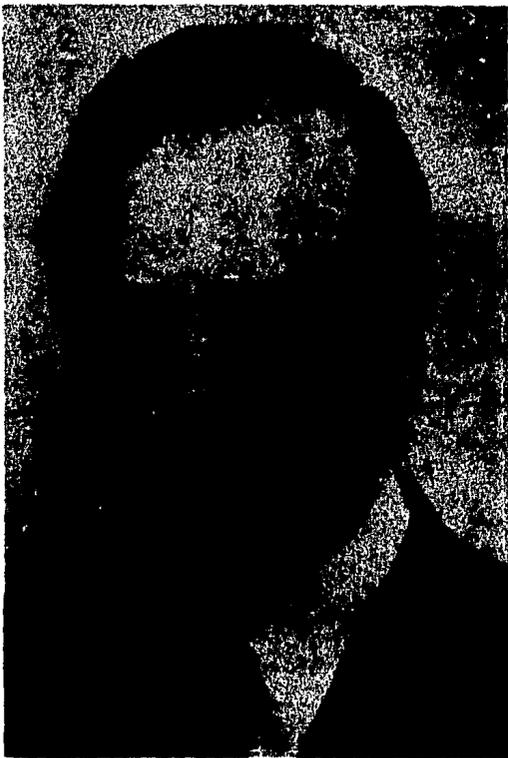
Este tipo de moléculas, al ser calentadas (en ocasiones con tiocianato de potasio) por encima de los 130°C en una solución acuosa concentrada (a concentraciones salinas adecuadas y a condiciones óptimas de pH), se agregan formando microesferas de una a -- dos micras de diámetro que pueden presentar un fuerte poder catalítico. Pueden funcionar como esterasas y peroxidasas, pueden descomponer la glucosa para transformarla en ácido glucurónico, dióxido de carbono y otros productos⁴¹⁹. Cuando al medio externo se adicionan iones Zn, pueden catalizar la hidrólisis del ATP⁴¹⁹.

Aunque durante su formación no existe la presencia de -

lípidos asociados a la composición de las esferas, muchas de ellas desarrollan una limitación externa que se parece a la bicapa lipídica de las membranas celulares¹³³.



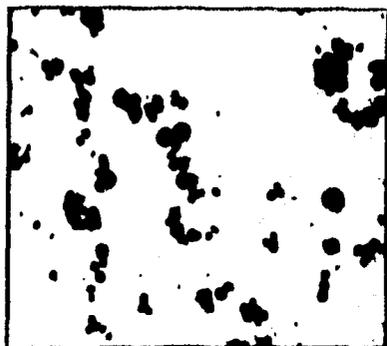
Gracias a esta barrera, pueden hincharse en soluciones hipotónicas o al absorber selectivamente proteínoides disueltos, -- pero se deshidratan en soluciones hipertónicas



Se ha comprobado la selectividad de la tinción de Gram para estos modelos abióticos. Cuando se preparan microesferas con alto contenido de lisina (amino ácido de carácter básico), se tiñen de color violeta (gram +), pero -- cuando en su estructura tienen mayor cantidad de ácido glutámico y ácido aspártico, adquieren la coloración roja característica de las bacterias gram negativas^{133,418} (figuras A y B de la página siguiente).

S. FOX

(MOLECULAR EVOLUTION (Rohlfing D. Oparin A. eds.) Por otra parte, cuando se incuban las microesferas en un medio rico en proteínoides bajo un estricto control de pH, --



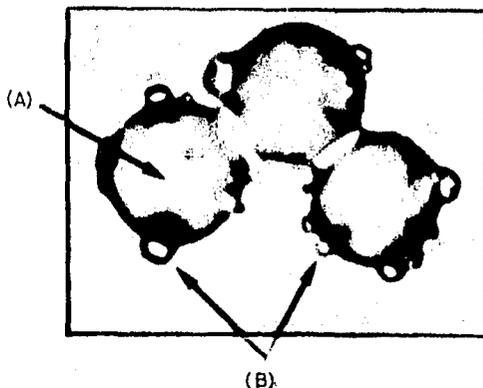
E. PROTEINOIDES GRAM +



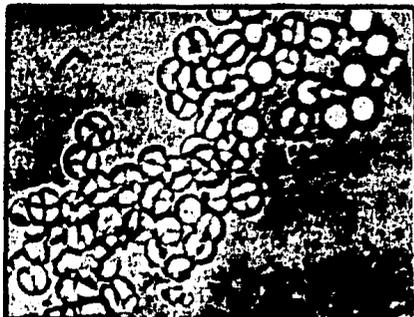
E. PROTEINODES GRAM -

pueden producir fenómenos parecidos a la gemación que se desarrolla en las levaduras.

Las pequeñas esferas formadas, se pueden separar y -- dar como resultado unidades aisladas ^{312,420}. En la microfotografía de la derecha, (A) representa la microesfera "madre" y (B) las pequeñas yemas producidas gracias a los componentes del medio líquido.

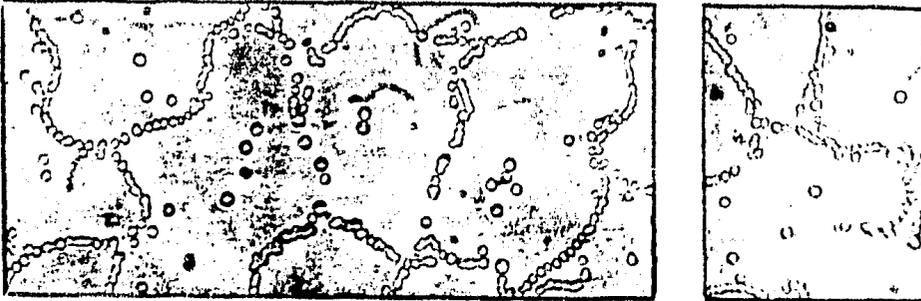


En otros casos, se puede observar la fisión microesfe-- roidal por medio de la formación de tabiques, como ocurre en las -- bacterias ^{133,416}

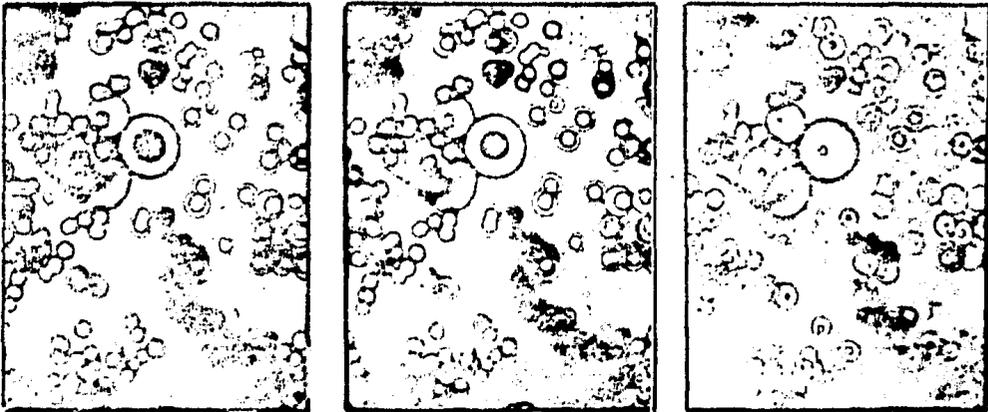


En condiciones especiales, pueden formar agregados pare

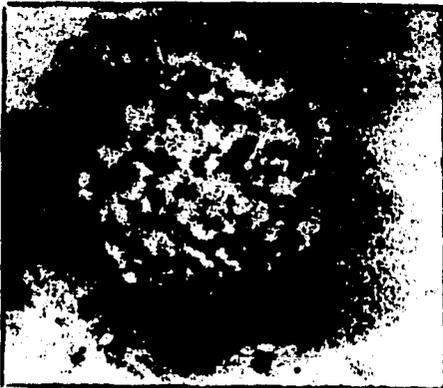
cidos a las asociaciones producidas por algunas algas ^{133,416} :



También llegan a crecer a partir de una yema central, en este caso, teñidas con cristal violeta y observadas a distintos intervalos de tiempo ^{133,312,420}



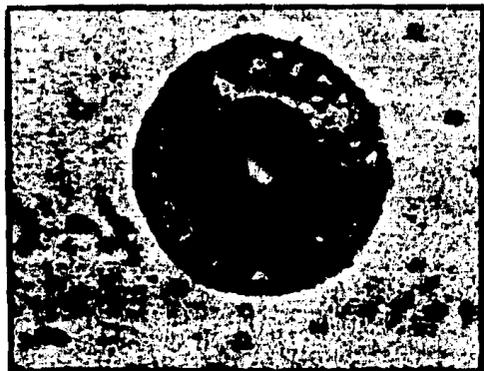
Algunos estudios hechos en meteoritos demuestran la presencia de estructuras parecidas a este tipo de microesferas ¹³³ :



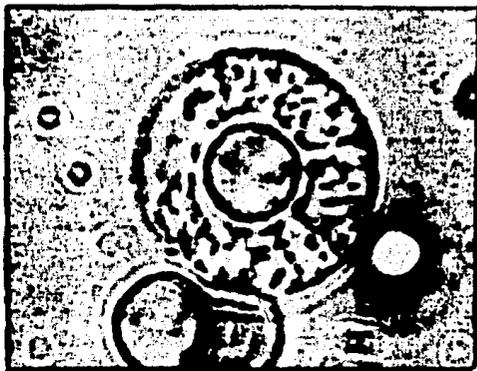
METEORITO



M. P.



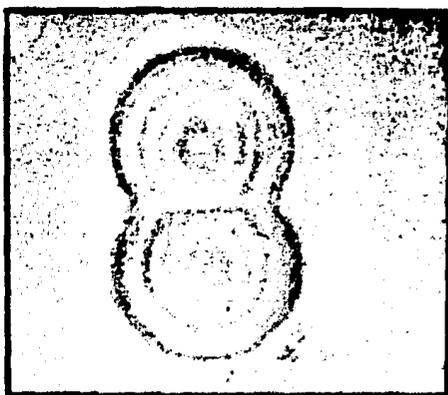
MET.



M. P.



MET.



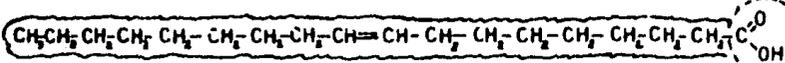
M. P.

LIPOSOMAS

El último modelo propuesto para explicar la posible estructura de los sistemas pre-celulares, es el liposoma^{136,312,423,424}.

Se sabe, en la actualidad, que las membranas celulares contienen un alto contenido de lípidos. Este tipo de moléculas o algunas semejantes, debieron de existir en la sopa primitiva, habiéndose sintetizado en condiciones abióticas.

Algunos reportes han mencionado estructuras de cadenas hidrocarbonadas (parecidas a los ácidos grasos de la mantequilla) - que pudieron ser las precursoras de los lípidos actuales⁴⁰⁷.



AC. OLEICO

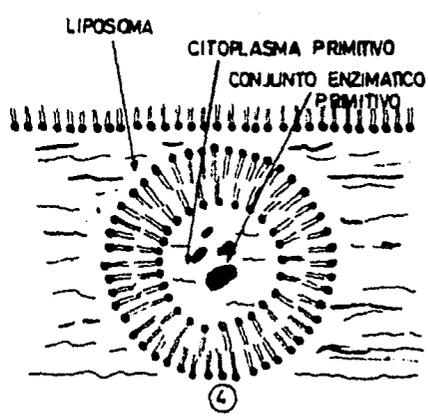
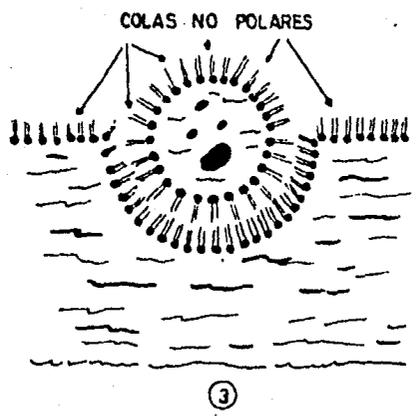
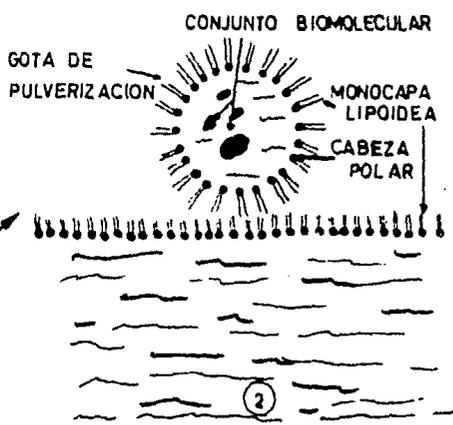
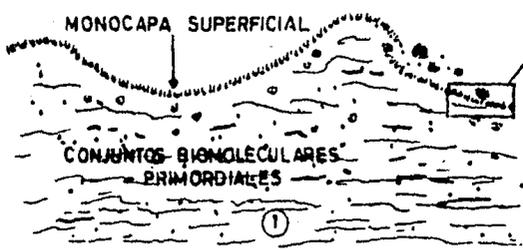
LÍPIDO ABUNDANTE EN ORGANISMOS SUPERIORES

Estas moléculas pueden contener una "cabeza" polar y una "cola" de tipo hidrófobo. Cuando entran en contacto con el agua forman micelas esféricas que pueden crecer cuando se a-gregan unas a otras.



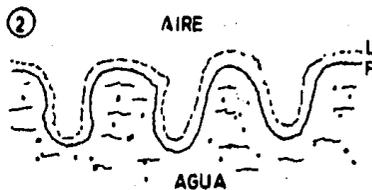
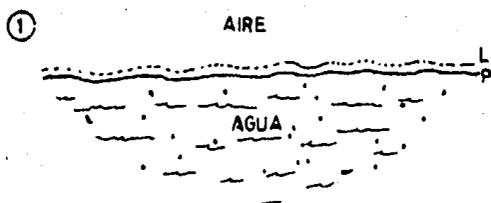
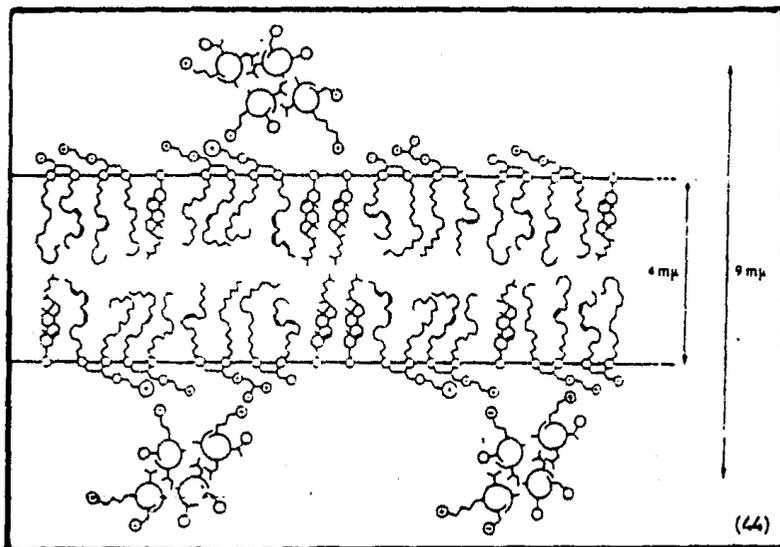
Se han propuesto hipótesis que ex-
plican la posible formación de los liposomas en los mares primiti-
vos³¹²:

VIENTO
→

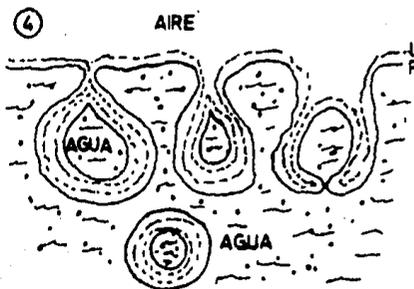
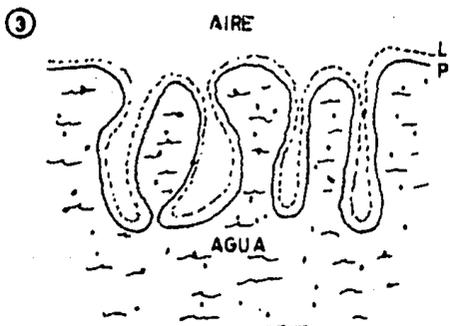


Al juntarse dos o más liposomas, pudieron haber mezcla-
do su contenido, para efectuar diversas reacciones, que por separado,
no se llegaban a producir por falta de substratos.

Posiblemente estos sistemas se asociaron a las cadenas polipeptídicas que se hallaban en la hidrósfera terrestre⁴²⁴.



L: LIPIDOS
P: PROTEINAS



RESUMIENDO:

No se puede decir en qué momento apareció la vida, ya que este concepto no está definido hasta ahora, pero si se puede -- asegurar que los organismos vivos han sido la consecuencia de la -- evolución de la materia.

Mediante los experimentos abióticos, se ha podido com-- probar la síntesis de biomoléculas a partir de metano, amoníaco, a-- gua y otros gases, tal como pudo haber ocurrido en la tierra primi-- tiva hace billones de años.

Los diversos compuestos orgánicos de elevado peso mole-- cular que pudieron surgir en el seno del océano primitivo, no debie-- ron diferenciarse sensiblemente (desde el punto de vista de sus pro-- piedades coloidoquímicas) de sus homólogos actuales. Por lo tanto, se puede suponer que, al igual que estos últimos, exhibieron una -- marcada tendencia hacia la formación de agrupaciones moleculares.

Después de un proceso largo de evolución, catalizado -- cada vez con mayor rapidez y armonía, posiblemente aquellos siste-- mas coloidales fueron capaces de combinarse, metabolizar compuestos, sintetizar por si mismos la maquinaria genética y las enzimas nece-- sarias para seguir "sobreviviendo" en un ambiente hostilizado por -- las fuerzas naturales.

Aunque la secuencia lógica de la aparición de estructu-- ras químicas debería de ser de lo simple a lo complejo, es decir: gases inorgánicos, amino ácidos, macromoléculas, sistemas pre-celu-- lares, etc., no es raro pensar que primeramente se dió lugar a un -- tipo de estructuras aparentemente superiores en complejidad, que fa-- cilitaron la aparición posterior de moléculas o sistemas más sim-- ples, pero mejor organizados o más estables como lo demostró Fox.

En cada punto de la tierra, debieron de ocurrir muchísi-- mas reacciones bioquímicas dentro y fuera de los sistemas pre-celu-- lares, los cuales, dieron origen a las células procariotas más sen-- cillas, capaces de asociarse posiblemente, con estructuras más sim-- ples⁴²⁵ y formar así una maquinaria más compleja, que daría lugar a -- la producción de oxígeno atmosférico.

En algunos estudios realizados en ciertos yacimientos - primitivos ^{426,427,428}, se ha demostrado la existencia de moléculas orgánicas, pero también de células fósiles muy antiguas ^{429,430,431,432,433}, sin embargo, la pregunta clave sigue en pie:

¿Qué mecanismos condujeron a la aparición de la primer célula - capaz de reproducirse y de realizar funciones metabólicas para sobrevivir y continuar evolucionando?....

Aún en la actualidad, este proceso sigue siendo una incógnita que representa un reto a vencer.

Los experimentos "clásicos" de síntesis abiótica resumidos en la tabla # 14 y la enorme cantidad de trabajos publicados, - realizados por físicos, químicos, biólogos, filósofos y otro tipo - de investigadores ^{285,434}, han encendido la chispa del fuego que representa la luz de la verdad.

Hoy en día no es posible concebir el origen de la vida como producto de la casualidad o del azar, sino como un proceso de energética cada vez mayor, auto-organizado, armónico y sujeto a las leyes fisicoquímicas universales de esta dimensión, es decir, no -- existen cambios estables al azar, sino que únicamente "sobreviven" aquellos que pueden generar más energía libre. Si esto es cierto, entonces se puede pensar que los seres vivos deben de seguir ascendiendo a niveles cada vez más altos y perfectos que sepan aprovechar las maravillas del universo, originadas a partir de una "EVOLUCION MOLECULAR ABIOTICA":

Algunos autores han propuesto la posibilidad de la existencia de otras formas de vida basadas en el silicio o en el azufre (en planetas con altas temperaturas) ⁴³⁵ o que utilizan al amoníaco líquido como solvente en lugar del agua (en planetas con bajas temperaturas) ⁴³⁵, pero estas hipótesis pueden ser desechadas, ya que los patrones bioquímicos de la vida, deben de ser universales.

La evolución biológica en la tierra, ha sido un proceso largo y paciente, que hasta ahora, ha tenido al Hombre como su máximo exponente, capaz de dominar a la naturaleza con la fuerza de su ingenio y creatividad, pero que con su afán de lucha por descubrir

la verdad y el conocimiento, busca a diario nuevas rutas, que permitan conducir a los seres vivos hacia el camino del ascenso y de la perfección.

Carl Sagan pudo resumir esta evolución de una manera -- particular, pero muy original, en su extraordinario libro "Los Dragones del Edén" (ver tabla # 15)⁴³⁶, en tanto que George Wald, ha legado a la humanidad unos pensamientos muy hermosos que se citan a continuación^{282,396}:

"Nosotros, cosas vivientes, somos la última consecuencia del metabolismo de nuestra galaxia...

Sin el hombre, el universo hubiera podido ser, pero no hubiera sido conocido y eso, es poca cosa.

Seguramente esta es una gran parte de nuestra dignidad como hombres: que podamos conocer y que, a través de nosotros, la materia pueda conocerse a si misma; que empezando con protones y electrones fuera del seno del tiempo y de la amplitud del espacio, podamos empezar a comprender, que al organizarse en nosotros el hidrógeno, el carbono, el nitrógeno, el oxígeno, aquellos 16 a 21 elementos, el agua, la luz solar, TODOS, al convertirse en nosotros, pueden empezar a entender, qué son y cómo llegaron a ser".

G. Wald

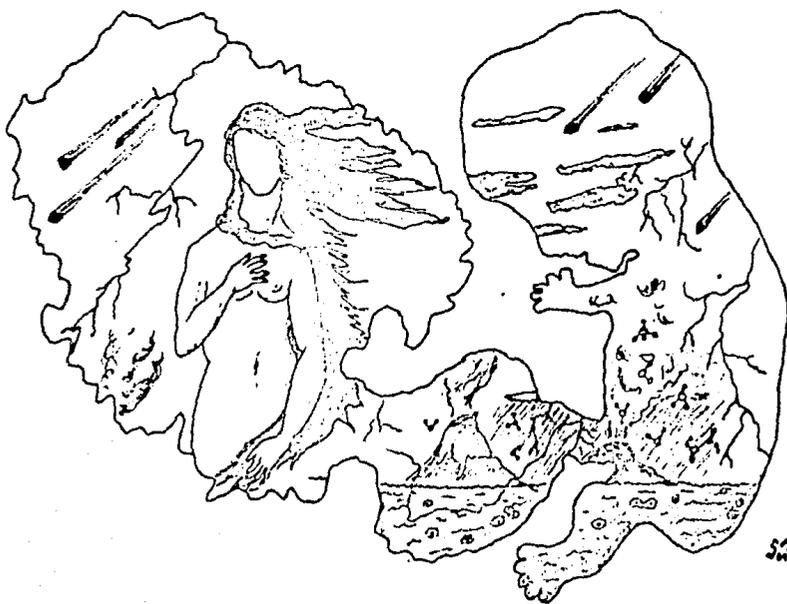


TABLE # 1

Species	Refs	Sources	Spectral line	Spectrum	Abundance density	Conditions assumed or inferred	Comment
Diatomics							
H ₂	(Per)	UV Lyman bands	A	A	~ 10 ²⁰	T ₁₀ = 80	A. Detected where E/B = V/1000
Molecular hydrogen	6	UV Lyman bands	A	A	b	(T ₁₀ = 77 ± 17)	b. H ₂ = H ₂ where F/B = V/1000
	BN KL	IR 1-0 Vib-Rot	E	E	~ 10 ¹⁸	T = 200	see also refs 9, 10
HD	9, 10, 11, 12	UV Lyman bands	A	A	10 ¹⁸ , 10 ¹⁷	T ₁₀ from	HD formed and destroyed more rapidly than H ₂
Deuterium hydride	13 sources	UV Lyman bands	A	A	< 10 ¹⁸	H ₂ observations opt thin	
CH ⁺	75 stars	OPT A-X bands	A	A	< 10 ¹³		
Methylidyne ion	300 stars	OPT A-X bands	A	A			see also ref. 15
¹³ CH ⁺	(Oph)	OPT A-X bands	A	A	~ 10 ¹³ [CH ⁺]	opt thin	Negative results for ¹³ CH ⁺ at ref. 17. ref. 16 single line only a. seen in 25% of sample 300
CH	Many a	OPT 3-2 Π bands	A	A	< 10 ¹³		OB stars, see ref. 14
Methyldiacetylene	Cas A	² Π _{1/2} , J = 1/2, A, Hfs	E	E	b	Non thermal	b. Surveys: refs 21, 22; N _{max} < 10 ¹⁴
OH	Cas A	² Π _{1/2} , J = 1/2, A, Hfs	E	E	~ 2 × 10 ¹⁴	LTE, T = 10	1st MW emission lines. see ref. 24
Hydroxyl	Surveys, 87 sources	UV D-X	A	A	~ 10 ¹³		Many other MW lines detected
¹⁷ OH	Sgr A	² Π _{1/2} , J = 1/2, A, Hfs	A	A	a	opt thin	Tentative, other UV observed in ref. 25
¹⁶ OH	Sgr A, B2	² Π _{1/2} , J = 1/2, A, Hfs	A	A	~ 10 ¹³	opt thin	a. [¹⁶ OH] = 4[¹⁷ OH]
C ₂	Sgr A, B2	² Π _{1/2} , J = 1/2, A, Hfs	A	A	~ 10 ¹⁴	opt thin	Agrees with terrestrial ratio [¹⁶ O]/[¹⁸ O] > 200
Cyanoacetylene No 12	IR Phillips bands	IR Phillips bands	A	A	~ 10 ¹⁶	T _g = 35	
Diatomic carbon	(Oph)	IR Phillips bands	A	A	~ 8 × 10 ¹²	T = 22	
	(Oph)	UV D-X(O-R/O)	A	A	3 × 10 ¹³	T _g = 16	4σ detection
CN	Many a	OPT B-X bands	A	A			see in 25% of sample 300
Cyanogen	On A, W51	1-0, Rot, Hfs	E	E	~ 10 ¹¹	Boltzmann, T _g = 50	OB stars, see ref. 14 Survey ref. 36
CO	On A - 4 others	1-0, Rot	E	E	> 10 ¹⁷	See ref. 38	V. abundant, found in V. many sources
Carbon monoxide	Surveys	1-0, Rot	E	E	10 ¹⁸ , 10 ¹⁹	T = 10-50	(2-1) Rot, see ref. 41 (3-2) Rot, see ref. 42
	(Oph)	UV A-X Bands	A	A	10 ¹³		see also ref. 44
	3 sources	IR 1-0 Vib Rot	A	A	~ 10 ¹⁰	T = 650	Circumstellar, other bands see ref. 34
¹³ CO	(Oph)	UV A-X Bands	A	A	~ 10 ¹³ [CO]	CO opt. thick	See also refs 39 and 40
	W51, Sgr A, B2	1-0, Rot	E	E			See ref. 45 for Vib-Rot lines
	Orn A, 9 Oph	1-0, Rot	E	E	[¹³ O]/[¹² O]	opt. thin	
	9 sources	1-0, Rot	E	E	~ 4	opt. thin	
¹⁸ O	W51; Sgr A, B2	1-0, Rot	E	E		opt. thin	
	8 sources	1-0, Rot	E	E		opt. thin	
¹³ C ¹⁸ O	NGC2024	1-0, Rot	E	E		opt. thin	
NO	Sgr B2	² Π _{1/2} , J = 1/2, A	E	E	v. weak	Thermal, T = 20	Also assumed N = 10 ¹⁸
Nitric oxide					2 × 10 ¹⁶	opt. thin	Apparently very rare in Galaxy
CS	On A, - 3 others	3-2, Rot	E	E	10 ¹³ -10 ¹⁵	opt. thin thermal	
Carbon monosulphide	30 sources	1-0, 2-1, Rot	E	E	10 ¹³ -10 ¹⁵	T = 40, n = 10 ³	Only observed in dense regions
¹³ CS	On A, - 3 others	3-2, Rot	E	E		as CS	Deduced: [¹³ C]/[¹² C] = 90, 40 at Sgr
	Sgr B2 - 3 others	1-2-3, Rot	E	E			
¹³ S	Sgr B2	2-1, Rot, Hfs	E	E		opt. thin	Triplet splitting seen
	Sgr B, On A	3-2, Rot, Hfs	E	E	C ¹³ S/C ¹² S	~ 0.2	
¹³ S	On A, + 4 others	2-1, Rot	E	E		opt. thin	[¹³ CS], [¹⁴ S] = 0 ± 0.6
	Sgr B, + 3 others	3-2, Rot	E	E		opt. thin	Usually in maser emission near stars and H II regions. See also ref. 55
SiO	Sgr B2	3-2, Rot, v' = 0	E	E	~ 4 × 10 ¹³	Thermal T = 50	Deduces SiO not masering in On A
Silicon monoxide	16 sources	1-0, Rot, v' = 1	E, (M)	E		opt. thin	Not masering
²⁹ SiO	On A	2-1, Rot, v' = 0	E	E	~ 0.05 [SiO]	opt. thin	
³⁰ SiO	On A, Sgr B2	2-1, Rot, v' = 0	E	E		opt. thin	
SO	On A - 6 others	4-3, 3-2, 2-1, Rot	E	E	~ 2 × 10 ¹⁴	See ref. 60	Kleinman-Low Neb., N(SO) = 10 ¹⁸
Sulphur monoxide	18 sources	3 Rot transitions	E	E	~ 2 × 10 ¹⁴	opt. thin	a. consistent with terrestrial ³² S/ ³⁴ S
³⁴ SO	On A, KL	3-2, 2-1, Rot	E	E	a	opt. thin	
NS	Sgr B2	² Π _{1/2} , J = 1/2, A, Hfs	E	E	~ 10 ¹⁶	T = 20, n = 10 ⁶	Anomalous excitation?
Nitrogen sulphide	Sgr B2	² Π _{1/2} , J = 1/2, A, Hfs	E	E	?	Stat. eqn.	Sgr B2, 6-5 only. Tentative?
SiS	Sgr B2, IRC - 10216	6-5-4 Rot	E	E	4 × 10 ¹³	T = 50, opt. thin	
Silicon sulphide							
Triatomics							
H ₂ O	Sgr B2, - 2 others	6 ₁₆ -5 ₂₃ Rot	E, M	E, M	> 10 ¹⁷		High excitation (465 cm ⁻¹ above ground)
Water vapour	9, 10 sources	6 ₁₆ -5 ₂₃ Rot	M	M	10 ¹⁶ -10 ¹⁷	T = 70, n = 10 ⁷	Surveys: all maser sources
HDO	On A, KL	1 ₁₀ -1 ₁₁ Rot	E, M	E, M	10 ¹⁶ -10 ¹⁷		Not as strongly masering as H ₂ O
H ₂ ¹⁸ O	On A, KL, DR21	3 ₂₀ -3 ₁₃ (para), Rot	E, M	E, M	~ 4 × 10 ¹⁵ cm ⁻³	T = 50, n = 10 ⁶	Weak maser. Assuming terrestrial ¹⁸ O/ ¹⁶ O, then n(H ₂ O) = 5 cm ⁻³
C ₂ H	13 sources	1-0, Rot, Hfs	E	E	3 × 10 ¹⁶	T = 100	Upper limit: levels thermalized
Ethynyl					~ 3 × 10 ¹⁵		Lower limit: lowest two levels only
HCN	6 sources	1-0, Rot, Hfs	E	E	~ 10 ¹²	Boltzmann, T = 20	a. extensive modelling of line width, n _g , T
Hydrogen cyanide	4 sources	1-0, Rot, Hfs	E	E	a		a. DCN/HCN usually high
DCN	On A	2-1-0, Rot, Hfs	E	E	~ 4 × 10 ¹²	Thermal, T = 10	lower in Sgr B2
	7 sources	2-1, Rot, Hfs	E	E	a		
H ¹³ CN	On A, Sgr B2	1-0, Rot, Hfs	E	E	[DCN _v]/[H ¹³ CN] variable		
NC ¹³ N	14 sources	1-0, Rot, Hfs	E	E		opt. thin	Other refs. 73 and 49
	On A	2-1, Rot	E	E			[NC ¹³ N]/[H ¹³ CN] = 2.6
HNC	6 sources	1-0, Rot	E	E	T _g uncertain		Another survey in ref. 74
Hydrogen isocyanide	On A, - 3 others	2-1, Rot	E	E	[HNC]/[DNC] a		ref. 76 in lab. confirmation of microwave spectrum
DNC	On A, - 3 others	1-0, Rot	E	E	variable		a. abundance of DNC higher in cooler clouds
HN ¹³ C	5 sources	1-0, Rot	E	E			
H ¹⁵ NC	14-15 OPH	1-0, Rot	E	E	[H ¹⁵ NC]/[HN ¹³ C]	opt. thin	Enrichment of ¹⁵ N?
HCC	1-0, Rot		E	E			Predicted (ref. 82), lab. confirmation ref. 83
Formaldehyde							a. if e-vy produces H ₂ C ⁺ must abundant ion

TABLE # 1

(cont.)

Column 1	2	3	4	5	6	7	8
Molecule	Refs	Sources	Species of line	Spectral	Column density	Conditions assumed (or inferred)	Comment
DCO ⁺	3 sources	1-6, Rot	E	[¹³ C]CO ⁺ -	opt thin		H ₂ [DCO ⁺ + CO ⁺] - opt thin K = 10 ¹³ a time clock C ₂ H ₂ as HCO ⁺ - 10 ¹³ See also ref. 10
H ¹³ CO ⁺	8 sources	1-0, Rot	E	≠ 0 [HCO ⁺]	opt thin		
HC ¹⁸ O ⁺	L134, (MC1)	1-0, Rot	E		opt thin		
HCO	Sgr B2	1-0, Rot	E		opt thin		
HCO	4 sources	1 ₀₁ -0 ₀₀ , J = 2-1, F = 2-1	E		~ 10 ¹³	T = 20	Central absorption H ₂ O, [HCO ⁺]
Formyl							
N ₂ H ⁺	11 sources	1-0, Rot, Hfs	E		~ 3 × 10 ¹³	T ₀ = 10	ref. 10 calculation and 1-0 ⁺ lab spectrum N ₂ H ⁺ , N ₂ D ⁺ - 2. Excess N ₂ re fractionation
N ₂ D ⁺	L134N	1-0, Rot, Hfs	E		~ 10 ¹³	opt thin T ₀ = 15	
H ₂ S	7 sources	1 ₁₀ -1 ₀₁ , Rot	E		≪ 10 ¹³	opt thin T = 20	
H ₂ SO	Sgr B2, NGC 7024	1 ₀₁ -0 ₀₀ , Rot	E		≪ 10 ¹³	opt thin	≪ 10 ¹⁶ (NGC 7024) tentative?
Nitrosyl							
OCS	Sgr B2	9-8 Rot	E		≪ 3 × 10 ¹³	Boltzmann T < 100	
Carbonyl sulphide		Several, Rot	E			Boltzmann T < 50	See also ref. 10
SO ₂	On A, Sgr B2	Several, Rot	E		~ 10 ¹⁴	opt thin	Narrow interstellar, and broad circumstellar components seen
Sulphur dioxide						Boltzmann T = 100	
4-atoms							
NH ₃	Sgr A	(1,1)(2,2) inversion	E		~ 2 × 10 ¹⁶	opt. thin	Seen in many dense clumps, possibly "clumps"
Ammonia	11 sources	(1,1)(2,2) inversion	E				
NH ₂ D	Sgr B2	1 ₁₁ -1 ₀₁ , Rot	E		~ 10 ¹⁴	n = 10 ⁸ , opt thin	[NH ₂ D]/[NH ₃] = 0.07
Orion, KL		1 ₁₁ -1 ₀₁ , Rot	E		~ 10 ¹⁴	50 < T ₀ < 150	
¹⁵ NH ₃	Orion	(1,1)(2,2)(3,3)	E		a	opt thin T ₀ = 50	4. [¹⁵ N]/[¹⁴ N] = interstellar
C ₂ H ₂	IRC + 10216	Several, Rot	A		≪ 10 ¹³	LTE T = 300	Circumstellar source, not "genetic" interstellar
Acetylene							
H ₂ CO	17 sources	1 ₁₁ -1 ₁₀ , Rot	A		~ 10 ¹⁴ (Sgr A1)	a	a. 1 ₁₀ -1 ₁₁ is seen in absorption against 2.7 K BB
Formaldehyde	28 sources		A				
HDCO	L134N, CLD2	2 ₀₂ -1 ₀₁ , Rot	E		a	T ₀ = 10	[HDCO]/[H ₂ CO] = 0.1 D enhanced
H ₂ ¹³ CO	Sgr A, B2, W51	1 ₁₁ -1 ₁₀ , Rot	A		a	opt thin	a. [H ₂ CO]/[H ₂ ¹³ CO] ~ 10 in galactic centre W51 tentative Using ref. 111
H ₂ ¹⁸ O	Sgr B2	1 ₁₁ -1 ₁₀ , Rot	A		(¹³ C, ¹³ C)/ (¹⁶ O, ¹⁶ O) = 10	opt thin	b. [H ₂ ¹³ CO]/[H ₂ ¹⁸ O] = 7 Also 1 ₀₁ -0 ₀₀ detected ref. 115 First report ref. 75
HMCO	Sgr A, B2, W33	1 ₁₁ -1 ₁₀ , Rot	A		b	opt thin	See also ref. 59
Isocyanic acid	Sgr B2, W51	0 ₀₀ -3 ₀₃ , Rot	E		~ 5 × 10 ¹⁴	opt thin	Not thermal Based on calculated spectrum ref. 120
HCN	Sgr B2	2 ₁₂ -2 ₁₁ , Rot	E		> 10 ¹⁴	opt thin	
Thioformaldehyde	Sgr B2	4 ₁₄ -4 ₁₃ , Rot	A				
C ₂ N	IRC + 10216	10-9-8, Rot	E		≪ 10 ¹³		
Cis-methyl							
HNCS	Sgr B2	Rot, 3 lines	E		~ 2 × 10 ¹³	T ₀ = 14 ± 5, opt. thin	
Isocyanic acid							
5-atoms							
CH ₄	On A	6 lines, Rot	E		~ 10 ¹² (?)	Non thermal excitation	Column density uncertain
Methane							
CH ₃ NH	Sgr B2	1 ₁₁ -1 ₁₀ (Muh) Rot	E		> 5 × 10 ¹⁶	opt. thin, T ₀ = 25	Tentative identification
Methanimine							
CH ₂ CO	Sgr B2	Several, Rot	E		10 ¹⁴	Stat. eqm	Tentative identification of 3 more Rot lines
Ketene							
NH ₂ CN	Sgr B2	4 ₁₃ -3 ₁₂ , 5 ₁₄ -4 ₁₃ , Rot	E		2 × 10 ¹³ ~ 6 × 10 ¹⁴	a > 10 ⁸ , T ₀ = 20 Stat. eqm	
Cyanamide							
HCOOH	Sgr B2	1 ₁₁ -1 ₁₀ , Rot	E		10 ¹² -10 ¹³	Stat. eqm	Tentative? See ref. 5
Formic acid	Sgr B2	2 ₁₁ -2 ₁₂ , Rot	E		~ 5 × 10 ¹³	T ₀ = 2.2	
C ₂ H	IRC + 10216	12-11-10-9-8, Rot	E		4 × 10 ¹⁴ - 3 × 10 ¹⁵	60 < T ₀ < 600	Detection based on theoretical calculation of rotational spectrum
Butadienyl							
HC ₃ N	Sgr B2	0-1 Rot	E		a. ~ 10 ¹⁴	opt. thin T = 50	a. corrected see ref. 130
Cyanoacetylene	17 sources	7 transitions	E		> 10 ¹⁴	Stat. eqm	See ref. 13; for other ref.
H ¹³ CCN	Sgr B2	1-0, Rot	E		~ 0.05 [HC ₃ N]	opt. thin	
HC ¹³ CCN	Sgr B2, Ori A	9-8 Rot	E				¹² C/ ¹³ C = 22 Sgr B2; 4 = Ori A
HCC ¹³ CN	Sgr B2, Ori A	9-8 Rot	E				
HCC ¹² CN	Sgr B2	0-1 Rot	E				
Sgr B2, Ori A		9-8 Rot	E				
6-atoms							
CH ₃ OH	Sgr A, B2	1 ₁₀ -1 ₁₁ , Rot	E			opt. thin	Column density higher towards Sgr and A1 + 130a Other stars: 10 ¹⁴ - 10 ¹⁵ ¹³ CH ₃ OH, CH ₃ H ¹⁸ O [CH ₃ OH]/[¹² C ₂ H ₅ OH] = 1
Methyl alcohol	14 sources	2-1, several, Rot	E		~ 5 × 10 ¹⁶	Stat. eqm	
CH ₃ OH	Sgr B2	2-1, several, Rot	E			Stat. eqm	
CH ₃ OD	Sgr B2	2-1, several, Rot	E			Stat. eqm	
CH ₃ CN	Sgr A, B2	6-5 Rot	E		2 × 10 ¹⁶	Stat. eqm	
Methyl cyanide	On A	5-4 Rot	E			a = 10 ⁸ , T ₀ > 150	
NH ₂ CHO	Sgr A, B2	2 ₁₁ -2 ₁₂ , Rot, Hfs	E		≪ 10 ¹⁶	Stat. Eqm	
Formamide	Sgr A, B2	3 ₁₁ -3 ₁₀ , Rot, Hfs	E		~ 10 ¹⁵	T = 50, a = 10 ⁸	
H ₂ SH	Sgr B2	Rot, 3 lines	E		~ 10 ¹⁶	T ₀ = 9 ± 1, opt. thin	

Column 1	2	3	4	5	6	7	8
Molecule	Refs	Sources	Spectral line	Spectrum	Column Density	Excitation temp used (or inferred)	Comments
7-atom							
CH ₃ NH ₂		Sgr B2, Ori A	3 ₁₂ -3 ₁₀ , 4 ₁₁ -4 ₁₀ , Rot	E	~ 10 ¹³	Boltzmann T ₀ = 43	
Methylamine CH ₃ NHD		Sgr A, B2 Ori A, W51	2 ₀₂ -1 ₁₀ Rot	E, A	~ 10 ¹³	T ₀ = T ₀ = 60	Tentative detection, not confirmed by independent search ref. 144
CH ₃ C ₂ H		Sgr B2	5 ₀ -4 ₀ , k = 1-4, Rot	E	~ 3 × 10 ¹³	opt. thin Boltzmann T ₀ = 31, n = 10 ⁶	
Methylenes							
CH ₂ CHO		Sgr B2	5 ₀ -4 ₀ , k = 1-4, Rot	E			
Acetaldehyde		Sgr A, B2	1 ₁₀ -1 ₁₁ , Rot	E	> 3 × 10 ¹³	opt. thin	Maser? ref. 147 See also ref. 136
CH ₂ CHCN		Sgr B2	2 ₁₁ -2 ₁₂	E			
Vinyl cyanide		Sgr B2	2 ₁₁ -2 ₁₂ Hfs Rot	E	~ 4 × 10 ¹³		Maser ref. 150 2-1 line detection
NC ₂ N		Sgr B2	10 ₀ 10 ₀ -9 ₀ 9 ₀ Rot	E	~ 3 × 10 ¹³		Also ref. 152. Weak maser
Cyanodiacetylene		Sgr B2	4-3 Rot	E	~ 10 ¹³	opt. thin Boltzmann T = 30	
8-atom							
HCOOCH ₃		TMC 1.1	9-8 Rot	E	~ 10 ¹⁶		
Methyl Formate		Sgr B2	1 ₁₁ -1 ₁₀ Rot	E	~ 2 × 10 ¹³	1% inversion	Tentative
9-atom							
CH ₃ CH ₂ OH		Sgr B2	Three lines, Rot	E	~ 10 ¹³	Stat. Equ. T = 20, n = 10 ⁶ -10 ⁷	
Ethyl alcohol (CH ₃) ₂ O		Ori A	4 ₀₀ -5 ₁₀ Rot	E	~ 10 ¹³	Boltzmann T = 10-100	Also: 2 ₁₀ -2 ₁₁ -2 ₀₂ tentatively identified
Dimethyl ether							
CH ₃ CH ₂ CN		Ori A, Sgr B2	24 lines Ori A, 7 lines Sgr B2	Rot	E	LTE T = 20 opt. thin	
Ethyl cyanide		Henix 2 = TMC1	9-8, 21-20, Rot	E	~ 3 × 10 ¹³	Stat. Equ. T = 8, n = 3 × 10 ⁵	Similar results assuming LTE
NC ₂ N		TMC 1.1	22-21, Rot	E	~ 2 × 10 ¹²		
Cyanodiacetylene (or cyanoacetylene)							
11-atom							
HC ₃ N		Henix 2	16-17, 25-24 Rot	E	~ 1 × 10 ¹²	opt. thin T = 11, n = 4 × 10 ⁶ Coll. Eq.	Rot spectrum extrapolated from cyanopolivene series
Cyanopolivene series							

TABLA # 2

Proceso y cronología	Manantiales de formación	Estado químico	Temperatura
Nebulosa de polvo. Formación del Sol y de los discos gaseoso-pulverulentos.	Gas y polvo.	H ₂ , Gases inertes, CH ₄ , Silicatos, FeO, FeS, hierro metálico, agua y amoníaco pesados.	< 0° C
Pre-protoplaneta y protoplaneta inicial. Aglomeración de los planetosimales y de substancia lunar.	Gas. Polvo. Planetosimales.	H ₂ , Gases inertes, H ₂ O, NH ₃ , CH ₄ . Silicatos, FeO, FeS. Silicatos, FeO, FeS, minerales hidratados, Cl, NH ₃ , agua y amoníaco pesados.	0° C
Estadio de las temperaturas elevadas. Reducción de los óxidos de hierro. Escape de los gases y silicatos vaporizados.	Gas. Planetosimales pesados. Planetosimales ligeros.	H ₂ , gases inertes, H ₂ O, N ₂ , CH ₄ , SH ₂ , silicatos vaporizados. FeO, minerales hidratados, FeS, Cl, NH ₃ , hierro metálico, C, Fe ₃ C, NTi. Silicatos, hierro metálico, C, Fe ₃ C, NTi, FeS.	~ 2.000° C
Estadio frío. Fases finales de la formación de la Tierra.	Gas. Planetosimales.	Casi todo el gas se ha volatilizado. Pequeños volúmenes de H ₂ , H ₂ O, N ₂ , CH ₄ , SH ₂ , gases inertes. Lo mismo que en el estadio III.	~ 0° C
Estadio final. Tierra y Luna ya formadas.	Luna. Tierra. Atmósfera.	Silicatos, algún hierro metálico. 45 % de hierro metálico y 55 % de silicatos. H ₂ O, CH ₄ , H ₂ , N ₂ → → NH ₃ .	Próxima a 0° C < 900° C Aproximadamente la actual.

TABLA # 3

FUENTE DE ENERGIA	MEZCLA DE GASES	AUTOR Y AÑO	
DESCARGAS ELECTRICAS	CO, H ₂ O	Löb	1904
	CO, H ₂	Löb	1906
	CO, NH ₃	Bessen	1911
	CO, NH ₃ , H ₂ O	Löb	1913
	CO, H ₂ , N ₂	Briner, Hoefler	1940
	CO, H ₂ , N ₂ , H ₂ O	Abelson	1957
	CO, H ₂ , NH ₃ , H ₂ O	Abelson	1957
	CO ₂ , H ₂ , N ₂ , H ₂ O	Abelson	1957
RADIACION IONIZANTE	CO ₂ , H ₂ O	Calvin	1951
	CO ₂ , H ₂ , H ₂ O	Garrison, et.al.	1951
RADIACION U.V.	CO ₂ , H ₂ O	Groth, Suess	1938
		Getoff, et.al.	1960
	CO, H ₂ O	Hubbard, et.al.	1970
	CO, CO ₂ , H ₂ O	"	1971
	CO ₂ , H ₂ O	"	1973
	CO ₂ , N ₂	"	1975
	CO, NH ₃	"	1976
	CO ₂ , H ₂ O	Bar-Nun, Hartman	1978

Periodic Table of the Elements

		Group																								
Period	1a	2a	3b	4b	5b	6b	7b	8								1b	2b	3a	4a	5a	6a	7a	0			
I 2 Elements	1 H 1.008		Transition Elements																							2 He 4.00
II 8 Elements	3 Li 6.94	4 Be 9.012	Transition Elements																5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180		
III 8 Elements	11 Na 22.99	12 Mg 24.31	Transition Elements																13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.94		
IV 18 Elements	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80								
V 18 Elements	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 101.07	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.6	53 I 126.91	54 Xe 131.3								
VI 32 Elements	55 Cs 132.91	56 Ba 137.34	57 La 138.91	72 Hf 178.50	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)								
VII	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)																							

TABLA # 5

*Lanthanides	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
**Actinides	90 Th 232.04	91 Pa 231	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	



TABLA # 6

COMPOSICION QUIMICA DE LA ATMOSFERA TERRESTRE EN TRES PROBABLES PERIODOS			
	Perfodo I	Perfodo II	Perfodo III
Componente mayor	CH ₄ H ₂ (?)	H ₂	H ₂
Componente menor	H ₂ (?) H ₂ O H ₂ H ₂ O NH ₃ Ar	H ₂ O CO ₂ Ar	O ₂ H ₂ O CO ₂
Componente traza	He	He Ne CH ₄ NH ₃ (?) SO ₂ (?) H ₂ S (?)	Ne He CH ₄ Kr

Perfodo I = hace de 4.5 a 4.0 x 10⁹ años.
Perfodo II = hace de 4.0 a 2.0 x 10⁹ años.
Perfodo III = hace de 2.0 x 10⁹ años hasta ahora.

TABLA # 7

**ESCALA COMPLETA DE ELECTRONEGATIVIDAD DE LOS ELEMENTOS
SEGUN PAULING, 1960**

H 2.1																				
Li	Be															*B	C	N	O	F
1.0	1.5															2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl
0.9	1.2															1.5	1.8	2.1	2.5	3.0
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br				
0.8	1.0	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5	1.8	1.8	1.8	1.9	1.6	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I				
0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.2	2.2	2.2	1.9	1.7	1.7	1.8	1.9	2.1	2.5				
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At				
0.7	0.9	1.1-1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.2	2.2	2.4	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2				
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np-No														
0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.3														

TABLA # 9

Familia de las D-aldosas que tienen desde tres hasta seis átomos de carbono.

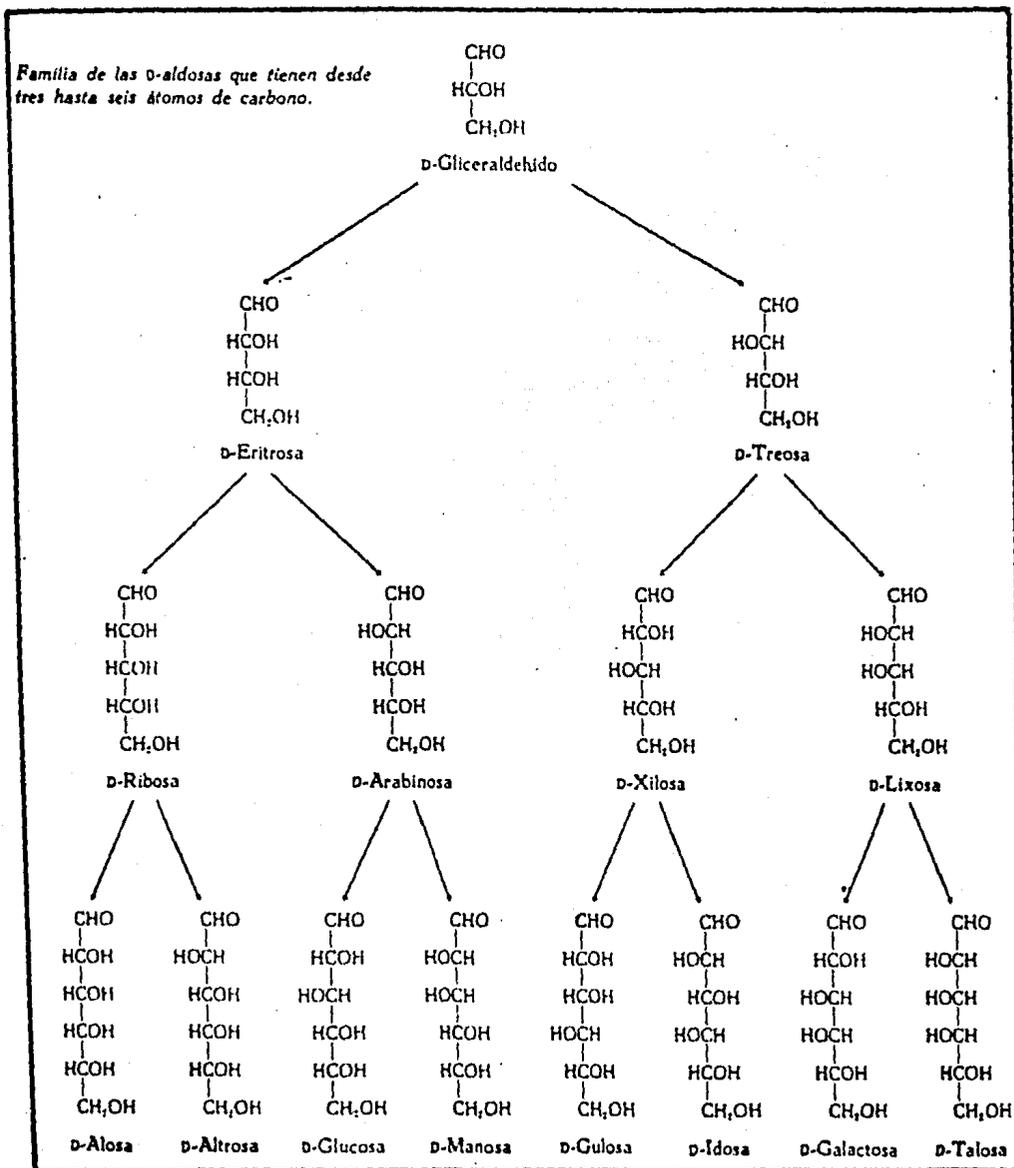


TABLA # 10

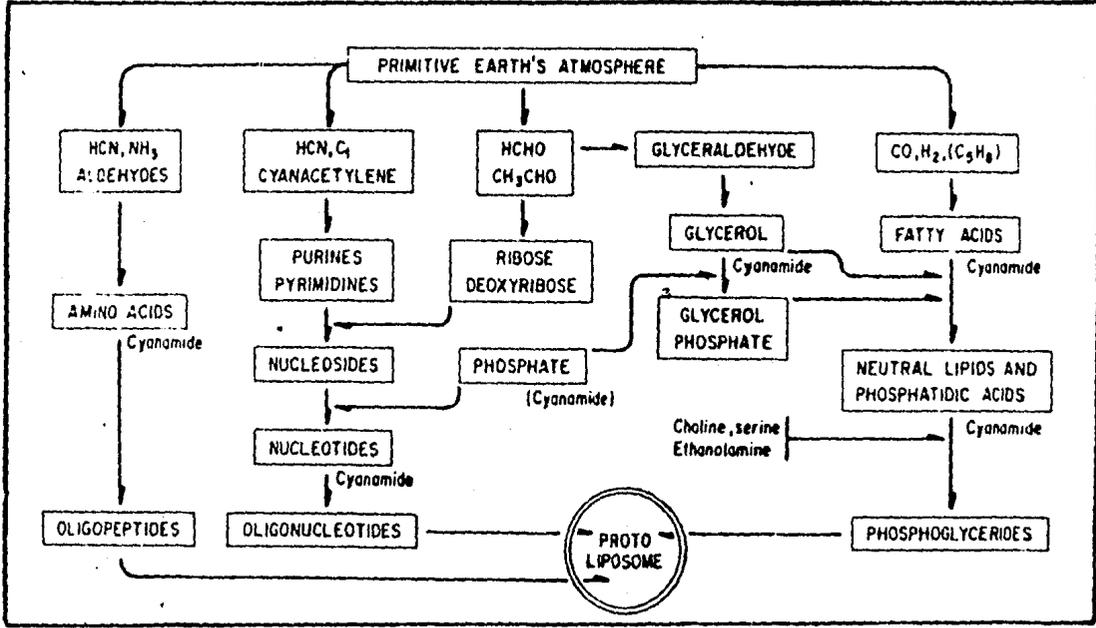
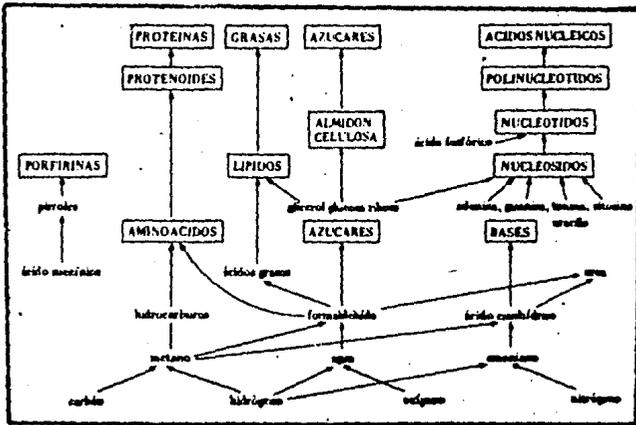


TABLA # 11

TABLA XI SINTESIS ABIOTICAS		
COMPUESTOS OBTENIDOS	PRECURSORES *	FUENTES DE ENERGIA LIBRE
aminoácidos, tanto proteínicos como no proteínicos	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O, CO, H ₂ S, H ₂ CO, HCN, NH ₄ NO ₃ , HC ₂ CN, NH ₂ OH y muchas otras substancias	descargas eléctricas, radiación ultravioleta, luz solar intensa, ondas de choque, rayos beta, etc.
dipéptidos y polipéptidos	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O y aminoácidos.	calor, radiación ultravioleta, descargas eléctricas (espontánea)
purinas, pirimidinas nucleótidos	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, HCN, HC ₂ CN, KCN, CN, y para nucleótidos, ribosa, adenina, desoxirribosa, fosfatos	radiación ultravioleta, rayos beta, calor, descargas eléctricas, (a menudo es espontánea).
polinucleótidos	nucleótidos, ac. uridílico, fosfatos	descargas eléctricas, calor.
compuestos nitrogenados (urea metil-urea)	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O, H ₂ S, N ₂ ácido cítrico, etc.	descargas eléctricas, radiación ultravioleta, bombardeo con protones o electrones.
aldehídos y azúcares (glucosa, ribosa, desoxirribosa)	HCN, NH ₃ , H ₂ O, H ₂ CO	calor, radiación ultravioleta, rayos gamma y beta, (a veces es espontánea.)
polisacáridos	glucosa, fructosa, ribosa, ac. fosfórico	calor
porfirinas	pirroles, benzaldehído, H ₂ CO, CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	radiación ultravioleta, descargas eléctricas, (a veces es espontánea)

*en diferentes combinaciones y concentraciones.

TABLA # 12

FORMULA	NOMBRE
$H-C\equiv N$	CIANURO DE HIDROGENO
$H-N=C=O$	AC. CIANICO
$N\equiv C-C\equiv N$	CIANOGENO
$N\equiv C-H_2$	CIANAMIDA
$RN=C=NR$	CARBODIIMIDA
$N\equiv C-NH-C\equiv N$	DICIANAMIDA
$H_2N-\underset{NH}{\underset{ }{C}}-NH-C\equiv N$	DICIANDIAMIDA

TABLA # 13

Diccionario de los vocablos del código genético. El tercer nucleótido de cada codón es menos específico que los dos primeros. La lectura de los codones se realiza en dirección 5' → 3'. Por ejemplo, pUpUpA = leucina. Los tres codones sin sentido aparecen en color.

	U	C	A	G	
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C
A	UUA Leu	UCA Ser	UAA Ocre	UGA Pardo	A
	UUG Leu	UCG Ser	UAG Ambar	UGG Trp	G
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C
G	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	G
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	C
G	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	A
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	G
U	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	C
A	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	A
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	G

TABLA # 14

A

Compuestos sintetizados	Mezcla de reacción	Fuente de energía	Autor	Año	
Aminoácidos					
<p>Reuniendo todos los artículos, los siguientes aminoácidos se reseñan en orden de decreciente de frecuencias:</p> <p>Alanina, ácido aspártico, glicina, ácido glutámico, beta-alanina, lisina, serina, valina, arginina, histidina, prolina, ornitina, isoleucina, leucina, treonina, asparagina.</p> <p>En las mezclas en las que se empleó sulfuro de hidrógeno, se obtuvieron derivados de la cisteína.</p>	<p>CH₄, NH₃, H₂, H₂O</p> <p>(CH₃O)₂, FeCl₃, KNO₃, malato NH₄, fumarato NH₄, CH₄, NH₃, H₂O</p> <p>CO, H₂, N₂, H₂O</p> <p>CO₂, NH₃, H₂, H₂O</p> <p>CH₄, NH₃, H₂, H₂O</p> <p>acetato NH₄ (1% ó 2,5%)</p> <p>CH₄, NH₃, H₂, H₂S</p> <p>(CH₃O)₂, óxido de molibdeno</p> <p>H₂CO, NH₄OH</p> <p>CH₄ (ó CO), NH₃, H₂O</p> <p>H₂CO, NH₄NO₃, (ó NH₄Cl)</p> <p>NH₃, HCN</p>	<p>descarga de chispas</p> <p>luz solar intensa</p> <p>calor</p> <p>descarga de chispas</p> <p>descarga de chispas</p> <p>rayos beta</p> <p>descarga de chispas</p> <p>lámpara de 500 W a 45 cm.</p>	<p>S. L. Miller</p> <p>K. Bahadur</p> <p>S. W. Fox y cols.</p> <p>P. H. Abelson</p> <p>L. Hough y cols.</p> <p>T. Hasselstrom y cols.</p> <p>K. Heyns y cols.</p> <p>K. Bahadur y cols.</p>	<p>1953</p> <p>1955</p> <p>1954</p> <p>1955</p> <p>1956</p> <p>-</p> <p>1956</p> <p>1957</p> <p>1957</p> <p>1958</p>	
	<p>En muchos casos, los aminoácidos no se formaron en estado libre, sino que se obtuvieron por hidrólisis de polímeros indefinidos, que generalmente se forman en estos experimentos.</p>	<p>KNO₃, KNO₂, NH₄OH; más ácido cítrico, o más ácido glutámico, o más glucosa, ácido málico, urea</p>	<p>calor (70-100 °C)</p>	<p>J. Oró y cols.</p>	<p>1959</p>
	<p>La ausencia de fenilalanina, tirosina y triptófano puede deberse a su destrucción durante la hidrólisis del polímero o a que están presentes en cantidades demasiado pequeñas para ser detectados.</p>	<p>NH₃, HCN, H₂O</p> <p>NH₃, CH₄ (ó C₂H₆)</p> <p>NH₃, HCN</p> <p>CH₄, NH₃, H₂O</p> <p>NH₃, H₂O, CH₄, H₂</p> <p>cianoacetileno, NH₃, HCN</p>	<p>descarga de chispas</p> <p>ultravioleta</p> <p>calor (70 °C)</p> <p>ultravioleta</p> <p>calor</p> <p>calor (70-100 °C)</p> <p>ultravioleta</p> <p>calor (90 °C)</p> <p>calor (1.000 °C)</p> <p>descarga de chispas</p> <p>calor (100 °C)</p>	<p>T. E. Pavloskaya y cols.</p> <p>J. Oró y cols.</p> <p>G. Ferrari y cols.</p> <p>S. W. Fox</p> <p>J. Oró</p> <p>C. U. Lowe y cols.</p> <p>K. Harada y cols.</p> <p>K. A. Grossenbacher y cols.</p> <p>R. A. Sánchez y cols.</p>	<p>1959</p> <p>1961</p> <p>1961</p> <p>1961</p> <p>1963</p> <p>1963</p> <p>1965</p> <p>1965</p> <p>1966</p>
	Derivados y precursores de los aminoácidos				
	<p>aminonitrilos, amidas</p> <p>aminonitrilos</p> <p>ácido cisteínico, cistamina, taurina</p>	<p>aldehídos, HCN, NH₃, H₂O</p> <p>HCN</p> <p>CH₄, NH₄OH, H₂S</p>	<p>calor</p> <p>electrones, 10⁶ rad</p>	<p>J. Oró</p> <p>J. P. Ferris y cols.</p> <p>A. S. Chougal y cols.</p>	<p>1963</p> <p>1965</p> <p>1966</p>
	<p>formamidina, glicinamida</p>	<p>NH₃, HCN, H₂O</p>	<p>calor (30-100 °C)</p>	<p>J. Oró</p>	<p>1961</p>
	<p>aminonitrilo</p>	<p>CH₄, NH₃</p>	<p>descarga luminosa</p>	<p>F. Woeller y cols.</p>	<p>1966</p>
	<p>sarcosina</p>	<p>CH₄, NH₃, H₂O, H₂</p>	<p>descarga de chispas</p>	<p>S. L. Miller</p>	<p>1953</p> <p>1955</p>

TABLA # 14
B

Compuestos sintetizados	Mezcla de reacción	Fuente de energía	Autor	Año
sarcosina	H ₂ O, CH ₄ , NH ₃ CO ₂ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O	descarga de chispas	P. H. Abelson	1956
Péptidos pequeños				
péptidos	ácidos anhídridos n-carboxiaminos		R. R. Becker y cols.	1953
glicilglicina, glicildiglicina	sulfato de aminoacetónitrilo, caolín	calor (120-140 °C)	H. Hanafusa y cols.	1959
dipéptidos diversos	aminoácidos correspondien- tes, dicianidamida	ultravioleta	G. Steinman y cols.	1964
diglicina	glicina, dicianidamida, HCl	espontáneo	G. Steinman y cols.	1965
glicilglicina, dileucina	glicina, leucina, H ₂ O, cianamida	ultravioleta	C. Ponnamperuma y cols.	1965
glicilglicilglicina, glicilleucina dialanina	alanina, HCl, dicianidamida	espontáneo	G. Steinman y cols.	1965
Polipéptidos				
polipéptidos	tripéptidos, ésteres ácidos, polifosfóricos	calor (50-60 °C)	G. Schramm y cols.	1958 1962
proteinoide	18 aminoácidos	calor	S. W. Fox y cols.	1958 1966
polipéptido	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	descarga de chispas	C. Ponnamperuma y cols.	1966
Purinas, pirimidinas, derivados, nucleótidos				
adenina, guanina	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O ó HCN	rayos beta aceleración lineal	C. Ponnamperuma	1966
adenosina, AMP, ADP, ATP, A4P	adenina, ribosa, EtMIP	ultravioleta	C. Ponnamperuma y cols.	1963 1965
AMP, GMP, CMP, UMP, TMP	NaH ₂ PO ₄ , más ribósidos	calor (160 °C)	C. Ponnamperuma y cols.	1965
adenosintrifosfato—ATP	ADP, caolín	espontáneo	G. Steinman y cols.	1965
adenosina	ribosa, adenina, PPE	calor (50-60 °C)	G. Schramm y cols.	1962
adenosinmonofosfato—AMP	adenosina, OP, dicianidamida	ultravioleta	G. Steinman y cols.	1964
adenina, guanina, hipoxantina desoxiadenosina	HCN, HN ₃ , adenina, desoxirribosa, CN	calor (90 °C) ultravioleta o espontáneo	C. U. Lowe y cols. C. Ponnamperuma y cols.	1963 1964
AMP, ADP, ATP, A4P	AR, AMP, ADP + EtMIP	ultravioleta	C. Ponnamperuma y cols.	1963 1965
guanina	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	calor	C. Ponnamperuma y cols.	1963
citocina	cianoacetileno, KCN, H ₂ O	calor (100 °C) un día	R. A. Sánchez	1966
guanilurea	alanina, HCl, dicianidamida	espontáneo	G. Steinman y cols.	1965
adenina, guanina	HCN	ultravioleta	C. Ponnamperuma y cols.	1963
adenina	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	electrones 4,5 Mev	C. Ponnamperuma y cols.	1963
uracilo	NH ₃ , CH ₄ , H ₂ O, o ácido málico más PPA	calor	S. W. Fox y cols.	1961
adenina	NH ₃ , CN, H ₂ O	calor (90 °C)	J. Oró	1960

TABLA # 14
C

Compuestos sintetizados	Mezcla de reacción	Fuente de energía	Autor	Año
4-amino-5-cianimidazol	NH ₃ , HCN, H ₂ O	calor (30-100 °C)	J. Oró y cols.	1961
4-aminoimidazol-5-carboxiamida			J. Oró	1960
4-amino-5-cianimidazol	aminomalanonitrilo		J. Oró y cols.	1961
4-aminoimidazol-5-carboxiamida			J. P. Ferris y cols.	1965
UpU, UpUp	uridina, NaH ₂ PO ₄	160 °C, 2 horas	C. Ponnampereuma y cols.	1965
nucleósidos, nucleótidos	purinas, ribosa, desoxirribosa, fosfato	ultravioleta	C. Ponnampereuma	1966
<i>Polinucleótidos</i>				
polinucleótidos	nucleótidos, PPE	calor (50-60 °C)	G. Schramm y cols.	1962
ácido poliuridílico	uridina-2'(3')-fosfato, PPE	calor	N. K. Kochetkov y cols.	1964
ácido policitidílico	ácido-3'(2')-citidílico, PPA	calor (65 °C)	A. W. Schwartz y cols.	1965
ácido poliuridílico	ácido uridílico, PPE	calor	G. Schramm	1966
<i>Otros compuestos nitrogenados</i>				
N-metilalanina	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O	descarga de chispas	S. L. Miller	1953 1955
ácido alfa-amino-n-butírico				
urea, metilurea	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, H ₂	descarga de chispas	S. L. Miller	1953 1955
ácido iminodiacético				
ácido alfa-amino-n-butírico	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O	descarga de chispas	L. Hough y cols.	1956
urea, etanolamina	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O	descarga de chispas	L. Hough y cols.	1956
n-metilalanina	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ S	descarga de chispas	K. Heyns y cols.	1957
ácido alfa-amino-n-butírico tiourea, tioacetamida	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ S	descarga de chispas	K. Heyns y cols.	1957
tiocianato				
urea, acetamida, acetona	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O (-215 °C)	protones-ciclotrón 60"	R. Berger	1961
ácido alfa-aminobutírico	ácido cítrico, KNO ₃ , KNO ₂ , NH ₃ , OH ₂ o ácido glutárico más lo anterior	ultravioleta	G. Ferrari y cols.	1961
urea	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, H ₂	electrones 5 Mev, aceleración lineal	C. Palm y cols.	1962
cianoacetileno	CH ₄ , N ₂	descarga eléctrica	R. A. Sánchez y cols.	1966
<i>Otros polímeros</i>				
polímeros no identificados	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, H ₂	descarga de chispas	S. L. Miller	1953 1955
polímeros	amidas de aminoácidos	calor (100 °C)	J. Oró y cols.	1960

TABLA # 14

D

Compuestos sintetizados	Mezcla de reacción	Fuente de energía	Autor	Año
polímeros no identificados copolímeros	NH ₃ , HCN monómeros diversos	calor (90 °C) calor	C. U. Lowe y cols. C. Ponnamparuma y cols.	1963 1963
polímeros (cianuro polimeri- zado)	NH ₃ , H ₂ O, CH ₄ , H ₂	descarga de chispas	K. A. Grossenbacher y cols.	1965
polímeros que producen ami- noácidos al ser hidrolizados	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	descarga eléctrica	C. Ponnamparuma y cols.	1966
Aldehidos, cetonas, azúcares				
azúcares C—C,	HCN, NH ₃ , H ₂ O	calor (30-100 °C)	J. Oró J. Oró y cols.	1961 1962
2-desoxirribosa	formaldehído más acetal- dehído; gliceraldehído más acetaldehído		G. Steinman y cols.	1964
disacáridos glucosa-6-fosfato	glucosa, diciandiamida glucosa, ácido fosfórico, diciandiamida	ultravioleta espontáneo o ultravioleta	G. Steinman y cols.	1964
ribosa, desoxirribosa	formaldehído o HCN; formaldehído, H ₂ O	rayos beta, aceleración lineal ultra- violeta o rayos gamma	C. Ponnamparuma	1966
Polisacáridos				
poliglicósido polímeros de fructosa polímeros de ribosa	glucosa, PPE fructosa, PPE ribosa, PPE	calor (50-60 °C) calor (50-60 °C) calor	G. Schramm y cols. G. Schramm y cols. G. Schramm y cols.	1962 1962 1962
polímeros de glucosa	glucosa, ácido fosfórico	calor (140-170 °C)	P. T. Mora	1965
Ácidos orgánicos (hasta C₁₁)				
acético, propiónico, láctico, glicólico, fórmico, succínico, alfa-hidroxi-butírico	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ , H ₂ O;	descarga de chispas	S. L. Miller	1953 1955
fórmico, glicólico, láctico	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, H ₂ O	calor (70-100 °C)	J. Oró y cols.	1959
acético, málico	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	calor	S. W. Fox y cols.	1961
ácidos monocarboxílicos (C ₂ —C ₁₁)	CH ₄ , H ₂ O	descarga luminosa	W. A. Allen y cols.	1966
Compuestos sencillos				
formaldehído, ácido fórmico	CO ₂ , H ₂ O, H ₂ , Fe	40 millones de electrón- voltios iones de helio	W. M. Garrison y cols.	1951
HCN	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, H ₂	descarga de chispas	S. L. Miller	1953 1955
HCN	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, H ₂	descarga de chispas	L. Hough y cols.	1956

TABLA # 14
E

Compuestos sintetizados	Mezcla de reacción	Fuente de energía	Autor	Año
HCN	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, H ₂	descarga de chispas	T. E. Pavlovskaya y cols.	1959
amoníaco	N ₂ , H ₂	vibración ultrasónica	I. E. Elpiner y cols.	1959
formaldehído, HCN	H ₂ O, CO, H ₂ , N ₂	rayos beta, aceleración lineal	C. Ponnampuram	1966
HCN, formaldehído	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	espontáneo	T. Waldsten y cols.	1959
dímeros de HCN	HCN, OH	ultravioleta	C. Sagan y cols.	1960
formaldehído	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, H ₂	baño a 35 °C	S. L. Miller y cols.	1964
pirofosfato	CaCl ₂ , NaH ₂ PO ₄ , KCNO	ultravioleta	G. Steinman y cols.	1965
pirofosfato	ortofosfato, dicianidamida, caolín	ultravioleta o electrones	A. Schimpe' y cols.	1965
dicianidamida	soluciones de cianuro o CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O	rayos gamma, ultravioleta	N. Getof	1966
NH ₃	H ₂ , H ₂ O			
<i>Hidrocarburos</i>				
aromáticos y pequeñas cantidades de alifáticos;	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O a través de gel de silicio	1000 °C	J. Oró y cols.	1966
igual número de átomos de C, principalmente aromáticos de 1-4 ó más anillos	CH ₄ , a través de gel de silicio	1000 °C	J. Oró y cols.	1966
igual número de átomos de carbono, principalmente una mezcla homogénea de compuestos alifáticos y mono y policíclicos.	CH ₄	descarga luminosa	C. Ponnampuram y cols.	1966
<i>Porfirinas</i>				
tetrafenilporfirina	pirrol, benzaldehído	espontáneo	A. Szutka y cols.	1965

TABLA # 15

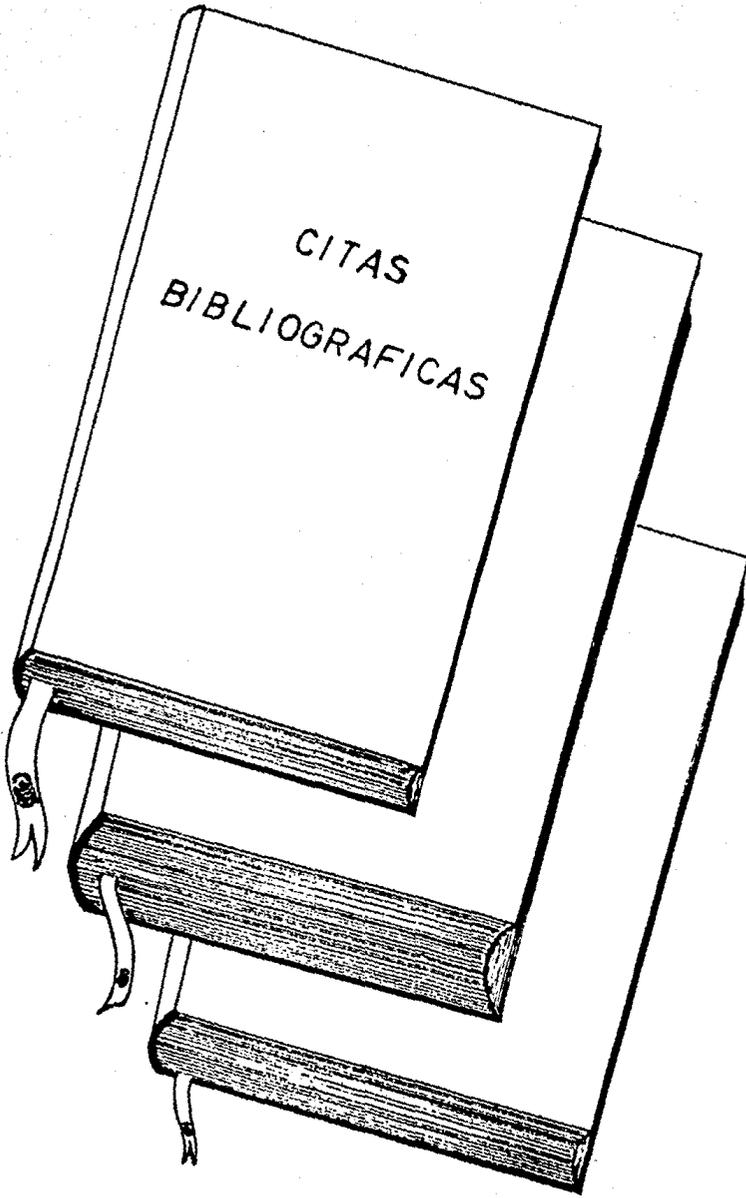
FECHAS ANTERIORES A DICIEMBRE	
El «Big Bang» (la «gran explosión»)	1 de enero
Origen de la galaxia de la Vía Láctea	1 de mayo
Origen del sistema solar	9 de septiembre
Formación de la Tierra	14 de septiembre
Origen de la vida en la Tierra	~ 25 de septiembre
Formación de las rocas más antiguas conocidas	2 de octubre
Época de los fósiles más antiguos (bacterias y algas verdiazules)	9 de octubre
Diferenciación sexual (en los microorganismos)	~ 1 de noviembre
Plantas fotosintéticas fósiles más antiguas	12 de noviembre
Aparecen las eucariotas (primeras células con núcleo)	15 de noviembre

~ = fecha aproximada

DICIEMBRE						
DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
	1 Formación de una atmósfera apreciable de oxígeno en la Tierra	2	3	4	5 Formación tentativa de aluvios y masas volcánicas en Marte.	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16 Primeros guanos	17 Fin del pre-cámbrico. Inicio de la era pleocena y del período cámbrico. Aparecen los invertebrados.	18 Primer plancton marino. Aparecen los trilobites	19 Período ordoviciano. Primeros peces. Aparecen los vertebrados.	20 Período silúrico. Primeras plantas vasculares. La vegetación empieza a cubrir el suelo.
21 Comienzo del período devónico. Primeros insectos. Los animales empiezan a poblar la Tierra	22 Aparecen los primeros anfibios. Primeros insectos alados.	23 Período carbónico. Primera flora arbórea. Aparecen los reptiles.	24 Período permiano. Primeros dinosaurios.	25 Fin de la era paleozoica. Se inicia el mesozoico.	26 Período triásico. Aparición de los mamíferos	27 Período jurásico. Aparición de las aves.
28 Período cretáceo. Primeras flores. Se extingue el dinosaurio.	29 Era cenozoica. Empieza la era cenozoica y el terciario. Primeros cetáceos y primates.	30 Primera evolución de la corteza frontal del cerebro de los primates. Primeros homínidos. Aparición de la granja mamífera.	31 Fin del plioceno. Período cuaternario (pleistoceno y holoceno). Aparición del primer hombre.			

31 de diciembre	
Origen del <i>Proconsul</i> y del <i>Ramapithecus</i> ,	*
probables ascendientes del simio y del hombre	~ 13.30
Aparición del primer hombre	~ 22.30
Uso generalizado de los útiles de piedra	23.00
El hombre de Pekín aprende a servirse del fuego	23.46
Empieza el último período glaciario	23.56
Pueblos navegantes colonizan Australia	23.58
Florece el arte rupestre en toda Europa	23.59
Inventación de la agricultura	23.59.20
Cultura neolítica. Primeros poblados	23.59.35
Primeras dinastías en Sumer, Ebla y Egipto.	
Grandes avances de la astronomía	23.59.50
Inventación del alfabeto. Imperio acadio. Babilonia y los códigos de Hammurabi. Egipto:	
Imperio Medio	23.59.52
Metalurgia del bronce. Cultura micénica. Guerra de Troya. Cultura olmeca. Inventación de la brújula	23.59.53
Metalurgia del hierro. Primer Imperio asirio.	
Reino de Israel. Los fenicios fundan Cartago	23.59.54
La India de Asoka. China: dinastía Chi'n. La Atenas de Pericles. Nacimiento de Buda	23.59.55
Geometría euclidiana. Física de Arquímedes.	
Astronomía ptolemaica. Imperio romano.	
Nacimiento de Jesucristo	23.59.56
La aritmética india introduce el número cero y los decimales. Caída de Roma. Conquistas musulmanas	23.59.57
Civilización maya. China: dinastía Sung. Imperio bizantino. Invasión mongólica. Las Cruzadas	23.59.58
La Europa del Renacimiento. Viajes de descubrimiento de los países europeos y de la dinastía china de los Ming. La ciencia y el método empírico	23.59.59
Formidable expansión de la ciencia y de la tecnología. Universalización de la cultura.	
Adquisición de los medios de autodestrucción de la especie humana. Primeros pasos en la exploración planetaria mediante vehículos espaciales y en la búsqueda de seres inteligentes en el espacio extraterrestre	Tiempo presente: Primer se- gundo del Año Nuevo.

*(los datos están dados en horas, minutos y segundos del día 31.)



- 1.- Baker, J., Allen, G. 1967. "La Naturaleza y Lógica de la Ciencia". En BIOLOGIA E INVESTIGACION CIENTIFICA. (J.Baker, G.Allen - (eds.)). Fondo Educativo Inteamericano, S.A., Co. Mass:27-48.
- 2.- Plutchik, R. 1975. "El Papel de la Observación y de la Descripción". En FUNDAMENTOS DE INVESTIGACION EXPERIMENTAL. (R. Plutchik (ed.)). Harla. Co. México:1-22.
- 3.- Belyavin, G. 1970. "Los Seres Vivos más Simples". En EL SECRETO DE LA VIDA. (J. Young, T. Margerison (eds.)). CEAC, S.A. Co. - Barcelona:34.
- 4.- Grenville, H.W. 1975. BIOLOGIA DEL INDIVIDUO. Alhambra. Co. - Madrid:10-12.
- 5.- Rosenblueth, A. 1981. EL METODO CIENTIFICO. Ciencia y Desarrollo, CONACYT. Co. México:9-34.
- 6.- Moore, J., Goodman, T., Degenhardt, E., Deyrup, I., Glass, B., Stewart, W., Hallenbeck, L., Maxwell, J., Kennedy, M., Bucklin, D., Mayer, W., Schwartz, G. 1970. "La Vida Procede de la Vida" En BIOLOGIA: UNIDAD, DIVERSIDAD Y CONTINUIDAD DE LOS SERES VIVOS. - (J. Moore, et. al. (eds.)). CECSA. Co. México:37-56.
- 7.- Welch, C., Fishleder, J., Mayer, W., Arnon, D., Pius, M., Cochran, H., Shaver, J., Erk, P., Smith, F. 1976. "Origen de los Seres Vivos". En CIENCIAS BIOLÓGICAS: DE LAS MOLECULAS AL HOMBRE. (C. Welch, et. al. (eds.)). CECSA. Co. México:135-153.
- 8.- Norman, R.V. 1971. BIOLOGIA EXPERIMENTAL. Troquel, S.A. Co. - Buenos Aires:12-22.
- 9.- De Lille, J. 1948. BIOLOGIA GENERAL. Porrúa, S.A. Co. México: 361-368.

- 10.- Barrera, A. 1978. "Biopoyesis y Darwinismo". En EL ORIGEN DE LA VIDA: Sympósiun Conmemorativo en Homenaje a A.I. Oparin. (A. Lazcano-Araujo., A. Barrera (eds.)). UNAM. Co. México:37-46.
- 11.- Villee, C. 1978. BIOLOGIA. Inteamericana. Co. México:8-9.
- 12.- Davis, B., Dulbecce, R., Eisen, H., Ginsberg, H., Barry, W. 1977. TRATADO DE MICROBIOLOGIA. Salvat Editores S.A. Co. Barcelona:834-855.
- 13.- Pelczar, M., Reid, R. 1977. MICROBIOLOGIA. Mc. Graw-Hill. Co. México:302-303.
- 14.- De Lille, J. 1948. BIOLOGIA GENERAL. Porrúa, S.A. Co. México: 325-329.
- 15.- Mayr, E. 1978. "La Evolución". Investigación y Ciencia, #26: 7-16.
- 16.- Dickerson, R. 1978. "La Evolución Química y el Origen de la Vida". Investigación y Ciencia, #26:34-53.
- 17.- Calvet, E. 1950. "La Vida en los Mundos". En LAS MARAVILLAS DEL COSMOS. (E. Calvet (ed.)). Plus Ultra. Co. Madrid. Tomo II: 423-437.
- 18.- Puig, P. ATLAS DE ASTRONOMIA. Ediciones Jover, S.A. Co. Barcelona.
- 19.- Colin, R. 1971. SECRETOS DEL COSMOS. Salvat Editores S.A. -- Co. Navarra:154-155.
- 20.- Gamow, G. 1948. UNO, DOS, TRES...INFINITO. Espasa Calpe. Co. Buenos Aires.

- 21.- Weinberg, S. 1979. THE FIRST THREE MINUTES. Basic Books. Co. N.Y.:8-38, 94-114.
- 22.- Ortiz, A. 1983. "El Universo: Nacimiento, Vida y Muerte". -- Inf. Cientif. y Tec., 5 (77):22-29.
- 23.- Passachoff, J., Fowler, W. 1974. "Deuterium in the Universe". Sci. Am., 230 (5):108-118.
- 24.- Farley, J. 1977. "THE SPONTANEOUS GENERATION CONTROVERSY FROM DESCARTES TO OPARIN". John Hopkins Univ. Press. Baltimore.
- 25.- Baluzie, A. 1979. ASTRONOMIA: Explorando El Universo. Ramón Sopena. Co. Barcelona:367-378.
- 26.- Schatzman, E. 1960. "El Origen del Sistema Solar". En ORIGEN Y EVOLUCION DEL UNIVERSO. (E. Schatzman (ed.)). UNAM. Co. Méx.: 301-311.
- 27.- Calvet, E. 1950. "Los Sistemas Estelares y Planetarios". En LAS MARAVILLAS DEL COSMOS. (E. Calvet (ed.)). Plus Ultra. Co. Madrid. Tomo II:403-422.
- 28.- Cameron, G. 1975. "The Origin and Evolution of the Solar System". Sci. Am., 233 (3):33-41.
- 29.- Sagan, C. 1982. COSMOS. Planeta,S.A. Co. Barcelona:234.
- 30.- Schramm, D., Clayton, R. 1978. "¿Desencadenó una Super Nova la Formación del Sistema Solar?". Investigación y Ciencia, # 27: 54-66.
- 31.- 1979. "Avances en el Estudio de la Climatología de Júpiter". Inf. Cientif. y Tec., 1 (9):22-23.

32.- Wetherill, G. 1981. "Formación de la Tierra a Partir de Planetesimales". Investigación y Ciencia, # 59:87-97.

33.- Sagan, C. 1975. "The Solar System". Sci. Am., 233 (3):23-31.

34.- Brush, S. 1977. "The Origin of the Planetesimal Theory". -- Origins of Life, 8 (1):3-6.

35.- Moreux, T. 1952. ORIGEN Y FORMACION DE LOS MUNDOS. M. Aguilar Ed. Co. Madrid:151-180.

36.- Asimov, I. 1982. "Hielo y Fuego en la Formación de la Tierra". Ciencia y Futuro (GeoMundo), Julio:90-97.

37.- Wood, J. 1979. THE SOLAR SYSTEM. Prentice-Hall:Englewood Cliffs:157-185.

38.- Goodwin, A. 1981. "Precambrian Perspectives". Science, 213: 55-61.

39.- Moorbath, S., O'Nions, R., Pankhuirst, R. 1973. "Early Archean Age for the Isua Iron Formation, West Green Land". Nature, 245:138-139.

40.- Levine, J., Beughner, R., Smith, K. 1980. "Ozone, Ultraviolet Flux and Temperature of the Paleatmosphere". Origins of Life, 10 (3):199-213.

41.- Oparin, A.I. 1979. "Teorías de la Generación Espontánea de la vida". En ORIGEN DE LA VIDA SOBRE LA TIERRA. (A.I. Oparin (ed.)). Tecnos. Co. Madrid:15-46.

42.- Oparin, A.I. 1979. "Busqueda de Métodos para la Resolución Científica del Problema del Origen de la Vida". En ORIGEN DE LA VIDA SOBRE LA TIERRA. (A.I. Oparin (ed.)). Tecnos. Co. Madrid:68-90.

- 43.- Oparin, A.I. 1968. EL ORIGEN DE LA VIDA. Grijalbe, S.A. Co. México:47-116.
- 44.- Rutten, M. 1971. THE ORIGIN OF LIFE BY NATURAL CAUSES. Elsevier Publishing Company. Co. Amsterdam.
- 45.- Ramirez, C., Aguilar, C. 1980 (marzo). RADIOLISIS DE ACIDO - SUCCINICO Y DEL SUCCINATO DE AMONIO BAJO CONDICIONES DE LA TIERRA PRIMITIVA. Tesis de Licenciatura, Fac. de Ciencias. UNAM:1-39.
- 46.- Turner, B. 1973. "Interstellar Molecules". Sci. Am., 228(3): 51-69.
- 47.- Anders, E. 1973. "Interstellar Molecules: Formation in Solar Nebulae". In MOLECULES IN THE GALACTIC ENVIROMENT. (H. Gerdon, L. Snyder (eds.)). Wiley Interscience. Co. N.Y.:429-442.
- 48.- Lazcano-Araujo, A. 1978. "La Vida en el Universo". En EL ORIGEN DE LA VIDA: Sympósiun Commemorativo en Homenaje a A.I. Oparin. (A. Lazcano-A., A. Barrera (eds.)). UNAM. Co. México:99-122.
- 49.- Miller, S., Urey, H., Oró, J. 1976-1977. "Origin of Organic Compounds on the Primitive Earth and in Meteorites". J. Mol. Ev., 9(1-4):59-72.
- 50.- Oró, J., Helzer, G. 1979. "The Organic Composition of the - Allan Hills Carbonaceous Chondrite (77306) as Determined by Pyrolysis-Gas Chromatography-Mass Spectrometry and other Methods". - J. Mol. Ev., 13:265-270.
- 51.- Anders, E. 1971. "Meteorites and the Early Solar System". - Ann. Rev. Astro. Astrophy., 9:1-34.
- 52.- Oró, J., Lazcano-Araujo, A. 1980. "Cyanide and the Origin of Life". In CYANIDE IN BIOLOGY. (B.Vennesland, E.Cenn, C.Knewles, J.Westley, F.Wissing (eds.)). Acad. Press. London:517-541.

- 53.- Oró, J. 1961a. "Comets and the Formation of Biochemical Compounds on the Primitive Earth". Nature, 190:389-390.
- 54.- Lazcano-Araujo, A., Oró, J. 1981. "Cometary Material and the Origins of Life on Earth". In: COMETS AND THE ORIGIN OF LIFE: Proceedings of the Fifth College Park Colloquium on Chemical Evolution. (C. Ponnampereuma (ed.)). Dordrecht, D.Reided:191-217.
- 55.- Whipple, F. 1974. "The Nature of Comets". Sci. Am., 230 (2): 49.
- 56.- Mann, A., Williams, D. 1980. " A List of Interestellar Molecules". Nature, 283: 721-725.
- 57.- Oparin, A.I. 1979. "Origen Primario de los Compuestos Orgánicos más Sencillos". En: ORIGEN DE LA VIDA SOBRE LA TIERRA. (A.I. Oparin (ed.)). Tecnos. Co. Madrid:91-122.
- 58.- Vnogradov, A. 1960. "The Origin of the Biosphere". In: ASPECTS OF THE ORIGIN OF LIFE. (M. Florkin (ed.)). Pergamon Press. Co. N.Y.:15-29.
- 59.- Abelson, P. 1966. "Chemical Events on the Primitive Earth". Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 55:1363-1372.
- 60.- Ponnampereuma, C., Mariner, R., Lemmon, R., Calvin, M. 1963. "Formation of Adenine by Electron Irradiation of Methane, Ammonia and Water". Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 8 (2):87-90.
- 61.- Broda, E. 1977. "The Length of the Transition Period from -- the Reducing to the Neutral Biosphere". Origins of Life, 8 (2): 87-90.
- 62.- Abelson, P. 1966. "Chemical Events on the Primitive Earth". Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 55:1363-1372.

- 63.- Ferris, J., Nicodem, P. 1972. "Ammonia Photolysis and the -- Role of Ammonia in Chemical Revolution". Nature, 238:268-269.
- 64.- Walker, J. 1977. EVOLUTION OF THE ATMOSPHERE. Mac. Millan Publ. Co. N.Y.
- 65.- Abelson, P. 1956. "Amino Acids Formed in Primitive Atmospheres". Science, 124:935.
- 66.- Yamagata, Y., Kusano, Y. 1981. "Amino Acids Derivates. Synthesis from Nitrogen, Carbon and Water by Electric Discharges". - Origins of Life, 11 (4):317-320.
- 67.- Henderson-Sellers, A., Schwartz, A. 1980. "Chemical Evolution and Ammonia in the Early Earth's Atmosphere". Nature, 287: - 526-528.
- 68.- Odishaw, H. 1969. LA TIERRA EN EL ESPACIO. Letras, S.A. Co. México:352.
- 69.- Hart, M. 1979. "Was the Prebiotic Atmosphere of the Earth -- Heavily Reducing?". Origins of Life, 9 (4):261-266.
- 70.- Butler, D., Newman, M., Talbot, R. 1978. "Interstellar Cloud Material: Contribution to Planetary Atmospheres". Science, 201: - 522-524.
- 71.- Calvin, M. 1969. "La Evolución Química de la Vida en la Tierra". En: LA TIERRA EN EL ESPACIO. (H. Odishaw (ed.)). Letras, S.A. Co. México:337-348.
- 72.- Buvet, R. 1977. "Compared energetics of Primordial and Biological Metabolisms". Origins of Life, 8 (4):361-370.
- 73.- Shapley, H. 1974. DE ESTRELLAS Y HOMBRES. Fondo de Cultura - Económica. Co. México:163.

74.- Bar-Nun, A., Hartman, H. 1978. "Synthesis of Organic Compounds from Carbon Monoxide and Water by U.V. Photolysis". Origins of Life, 9 (2):93-101.

75.- Ponnamperna, C. 1964. "Chemical Evolution and the Origin of Life". Nature, 201:337-340.

76.- Miller, S. 1953. "A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions". Science, 117:528-529.

77.- Faltings, K. 1939. Ber., 72:1207.

78.- Young, J. 1970. "De la Molécula al Hombre". En: EL SECRETO. DE LA VIDA. (J. Young, T. Margerison (eds.)). Ediciones CEAC, S.A. Co. Barcelona:86.

79.- Welch, C., Fishleder, J., Mayer, W., Arnon, D., Pius, M., Cochran, H., Shaver, J., Erk, F., Smith, F. 1976. "Los Precusores de la Vida". En: CIENCIAS BIOLOGICAS: DE LAS MOLECULAS AL HOMBRE. (C. Welch, et. al. (eds.)). CECSA. Co. México:181-182.

80.- Miller, S. 1955. "Production of Some Organic Compounds Under Possible Primitive Earth Conditions". J. Am. Chem. Soc., 77:2351-2361.

81.- Artís, M., Casanueva, M., Chávez, N. 1983. HOMENAJE A OPARIN. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Co. México.

82.- Miller, S. 1957. "The Mechanism of Synthesis of Amino Acids by Electric Discharges". Biochem. Biophys. Acta, 23:480-489.

83.- Miller, S., Urey, H. 1959. "Organic Compound Synthesis on the Primitive Earth". Science, 130:245-251.

- 84.- Calvin, M. 1974. "L' Origine de la Vie". Recherch, 5 (41): 44-57.
- 85.- Wilson, A. 1960. "Synthesis of Macromolecules Under Possible Primeval Earth Conditions". Nature, 188:1007-1009.
- 86.- Gabel, N., Ponnampertuma, C. 1967. "Model for the Origin of -- Menosaccharides". Nature, 216:453-455.
- 87.- Ponnampertuma, C. 1965. "A Biological Synthesis of Some Nucleic Acid Constituents". In: THE ORIGINS OF PREBIOLOGICAL SYSTEMS AND OF THEIR MOLECULAR MATRICES. (S. Fox (ed.)). Academic Press. Co. N.Y.: 221-242.
- 88.- Simionescu, C., Lixandru, T., Gorduza, V., Gorea, C. 1977. - "Synthesis of Purine and Pyrimidine Bases and Nucleosides Under - the Cold Plasma Conditions (IX)". Origins of Life, 8 (3):237-246.
- 89.- Oró, J., Kamat, S. 1961a. "Amino-Acid Synthesis from Hydrogen Cyanide Under Possible Primitive Earth Conditions". Nature, 190 : 442-443.
- 90.- Harada, K., Fox, S. 1964. "Thermal Synthesis of Natural Amino Acids from a Postulated Primitive Terrestrial Atmosphere". Nature, 201:335-336.
- 91.- Friedmann, N., Miller, S. 1969. "Synthesis of Valine and Iso leucine in Primitive Earth Conditions". Nature, 221:1152-1153.
- 92.- Lawless, J., Doynton, Ch. 1973. "Thermal Synthesis of Amino - Acids from a Simulated Primitive Atmosphere". Nature, 243:405-407.
- 93.- Ivanov, Ch., Slavcheva, N. 1977. "Formation of Amino Acids - on Heating Glycine with Alumina". Origins of Life, 8(1):13-19.

- 94.- Draganić, Z., Draganić, I., Shimoyama, A., Ponnampereuma, C. 1977. "Evidence for Amino Acids in Hydrolysates of Compounds Formed by Ionizing Radiations". Origins of Life, 8 (4):377-382.
- 95.- Draganić, Z., Draganić, I., Shimoyama, A., Ponnampereuma, C. 1977. "Evidence for Amino Acids in Hydrolysates of Compounds Formed by Ionizing Radiations". Origins of Life, 8 (4):371-376.
- 96.- Miller, S., Orgel, L. 1974 "Synthesis of Purines, Pyrimidines and Nucleosides". In: THE ORIGINS OF LIFE ON THE EARTH. (S.Miller, L. Orgel (eds.)). Prentice-Hall inc. Co. New Jersey :103-117.
- 97.- Oró, J., Kimball, A. 1961. "Synthesis of Purines Under Possible Primitive Earth Conditions. I Adenine from Hydrogen Cyanide". Arch. Biochem. Biophys., 94:217-227.
- 98.- Oró, J. 1960. "Synthesis of Adenine from Ammonium Cyanide". Biochem. Biophys. Res. Comm., 2:407-412.
- 99.- Matthews, C., Moser, R. 1966. Proc. Nat. Acad. Sci., 56:1087.
- 100.- Oró, J. 1961. "Mechanism of Synthesis of Adenine from Hydrogen Cyanide Under Possible Primitive Earth Conditions". Nature, - 191:1193-1194.
- 101.- Pennampereuma, C., Young, R., Muñoz, E., Mc Caw, B. 1964. -- "Guanine: Formation During The Thermal Polymerization of Amino -- Acids". Science, 143:1449-1450.
- 102.- Fox, S., Harada, K. 1961. "Synthesis of Uracyl Under Conditions of Thermal Model of Prebiological Chemistry". Science, 133: 1923-1924.
- 103.- Stephen-Sherwood, E., Oró, J., Kimball, A. 1971. "Thymine: A Possible Prebiotic Synthesis". Science, 173:446-447.

- 104.- Yamagata, Y., Mehri, T., Yamakoshi, M., Inomata, K. 1981. "Constant AMP Synthesis in Aqueous Solution by Electric Discharges". Origins of Life, 11 (3):233-235.
- 105.- Hodgson, G., Ponnamperna, C. 1968. "Prebiotic Porphyrin -- Genesis: Porphyrins from Electric Discharge in Methane, Ammonia - and Water Vapor". Proc. Nat. Acad. Sci., 59:22.
- 106.- Oró, J. 1963. "Synthesis of Organic Compounds by High-Energy Electrons". Nature, 197:971-974.
- 107.- Oró, J., Miller, S., Urey, H. 1977. "Energy Conversion in the Context of the Origin of Life ". In: LIVING SYSTEMS AS ENERGY CONVERTERS, (R. Buvet (ed.)). Elsevier-North-Holland. Co. Amsterdam:7-19.
- 108.- Dose, K., Rajewsky, B. 1957. "Strahlenchemische Bildung von Aminen und Aminocarbonsäuren". Biochem. Biophys. Acta, 25:225-226.
- 109.- Silver, J., Smith, A. 1968. "Synthesis of a Sulfur-Containing Amino Acid Under Simulated Prebiotic Conditions". Science, - 159:1108-1109.
- 110.- Calvin, M., Lemmon, R., Schimpl, A. 1965. "Cyanamide Formation Under Primitive Earth Conditions". Science, 147:149-150.
- 111.- Harada, K. 1967. "Formation of Amino-Acids by Thermal Decomposition of Formamide-Oligomerization of Hydrogen Cyanide". - Nature, 214:479-480.
- 112.- Fox, S., Johnson, J., Vegotsky, A. 1956. "On Biochemical -- Origins and Optical Activity". Science, 124:923-925.
- 113.- Kolesnikov, M., Egorov, I. 1979. "Metalloporphyrins and Molecular Complexes of Amino Acids with Porphyrins in Juvenile Volcanic Ash". Origins of Life, 9 (4) :267-277.

- 114.- Podkletnov, N., Markhinin, E. 1981. "New Data on Abiogenic Synthesis of Prebiological Compounds in Volcanic Processes". Origins of Life, 11 (4) :303-315.
- 115.- Griffith, E., Ponnampereuma, C., Gabel, N. 1977. "Phosphorus, a Key to Life on the Primitive Earth". Origins of Life, 8 (2) : - 71-85.
- 116.- Rabinowitz, J., Ponnampereuma, C., Chang, S. 1968. "Phosphorylation by Way of Inorganic Phosphate as a Potential Prebiotic Process". Nature, 218:442-443.
- 117.- Ponnampereuma, C., Sagan, C., Mariner, R. 1963. "Synthesis of Adenosine Triphosphate Under Possible Primitive Earth Conditions". Nature, 199:222-226.
- 118.- Ponnampereuma, C., Mack, R. 1965. "Nucleotide Synthesis Under Possible Primitive Earth Conditions". Science, 148:1221-1223.
- 119.- Matthews, C., Moser, R. 1967. "Peptide Synthesis from Hydrogen Cyanide and Water". Nature, 215:1230.
- 120.- Ponnampereuma, C., Peterson, E. 1965. "Peptide Synthesis from Amino Acids in Aqueous Solution". Science, 147:1572-1574.
- 121.- Steinman, G., Lemmon, R., Calvin, M. 1965. "Dicyandiamide: Possible Role in Peptide Synthesis During Chemical Evolution". - Science, 147:1574-1575.
- 122.- Yamagata, Y., Yamashita, A., Inomata, K. 1980. "Oligoglycine Synthesis in an Aqueous Solution of Glycine Under Oxidative Conditions". Origins of Life, 10 (1) : 47-50.
- 123.- Oró, J., Kimball, A., Ibañez, J. 1971. "Possible Prebiotic - Condensation of Mononucleotides by Cyanamide ". Science, 173:444-445.

- 124.- Harada, K., Fox, S. 1965. In: THE ORIGINS OF PREBIOLOGICAL SYSTEMS AND OF THEIR MOLECULAR MATRICES. (S. Fox (ed.)). Academic Press. Co. N.Y.:187.
- 125.- Fox, S., Harada, K. 1958. "Thermal Copolymerization of Amino Acids to a Product Resembling Protein". Science, 128:1214.
- 126.- Fox, S., Harada, K. 1960. "The Thermal Copolymerization of Amino Acids Common to Protein". J. Am. Chem. Soc., 82:3745-3751.
- 127.- Egami, F. 1981. "A Working Hypothesis on the Interdependent Genesis of Nucleotide Bases, Protein, Amino Acids and Primitive - Genetic Code". Origins of Life, 11 (3) :197-202.
- 128.- Bonner, W., Blair, N., Lemmon, R. 1979. " The Radioracemization of Amino Acids by Ionizing Radiation: Geochemical and Cosmochemical Implications". Origins of Life, 9 (4) :279-290.
- 129.- Oparin, A. I. 1979. "Evolución Química (Abiógena) de los -- Compuestos Orgánicos del Carbono". En: ORIGEN DE LA VIDA SOBRE LA TIERRA. (A.I. Oparin (ed.)). Tecnos. Co. Madrid:123-177.
- 130.- Arnau, C., Carbó, R. 1973. EL ORIGEN DE LA VIDA. Salvat Editores, S.A. Co. Barcelona:41.
- 131.- Oparin, A.I. 1979. "Aparición de los Sistemas Polimoleculares Orgánicos. Su Organización en el Espacio y en el Tiempo". En: ORIGEN DE LA VIDA SOBRE LA TIERRA. (A.I. Oparin (ed.)). Tecnos. - Co. Madrid:231-264.
- 132.- Fox, S. 1964. "Thermal Polymerization of Amino-Acids and -- Production of Formed Microparticles on Lava". Nature, 201:336-337.
- 133.- Fox, S. 1965. "A Theory of Macromolecular and Cellular Origins". Nature, 205:328-340.

- 134.- Fox, S., Harada, K., Woods, K., Winsor, C. 1963. "Amino - - Acid Compositions of Protenoids". Arch. Biochem. Biophys., 102: - 439-445.
- 135.- Del Rio, C. 1978. " Alfonso L. Herrera: La Teoría Sulfocia- nica del Origen de la Vida y la Plasmogenia". En: EL ORIGEN DE LA VIDA: Symposium Conmemorativo en Homenaje a A.I. Oparin. (A. Laz- cano-Araujo., A. Barrera (eds.)). UNAM. Co. México :61-75.
- 136.- Strillwell, W. 1980. "Facilited Diffusion as a Method for - Selective Accumulation of Material from the Primordial Oceans by a Lipid-Vecicle Protocell". Origins of Life, 10 (3):277-292.
- 137.- Barghoorn, E., Schopf, J. 1966. "Microorganisms Three Billion Years Old from the Precambrian of South Africa". Science, 152: -- 758-763.
- 138.- Lowe, D. 1980. "Stromatolites 3,400 Millon Years Old from - the Archean of Western Australia". Nature, 284:441-443.
- 139.- Hitching, F. 1982 (nov.). "¿En qué se Equivocó Darwin?". - - Selecciones del Reader's Digest,:28-34.
- 140.- Hedley, R. 1982. "EL ORIGEN DE LAS ESPECIES". Conacyt. Co. - México.
- 141.- Darwin, Ch. 1969. "EL ORIGEN DE LAS ESPECIES POR MEDIO DE LA SELECCION NATURAL". UNAM. Co. México.
- 142.- Balbás, P., Rodríguez, R., Valle, F., Soberón, X., Bolívar- Zapata, F. 1984. "El ADN Recombinante y la Clonación: Producción de Insulina Eumana". Inf. Cientif. y Tec., 6 (90):15-17.
- 142b.- 1973. "Diabetes e Ingenieria Genética". Naturaleza, 4(1): 6-7.

143.- Chilton, Mary-Dell. 1983. "A Vector for Introducing New Genes into Plants". Sci. Am., 248 (6):36-43.

144.- Barton, K., Brill, W. 1983. "Prospects in Plant Genetic Engineering" Science, 219:671-676.

144b.- 1979. "Ingenieria Genética". Inf. Cientif. y Tec., 1 (8) : 5-8.

145.- Jacoby, W., Pastan, I. 1979. CELL CULTURE, Academic Press. Co. N.Y.

146.- Clark, J., Hirtenstein, M. 1981. "Optimizing Culture Conditions for the Production of Animal Cells in Microcarrier Culture". Ann. N.Y. Acad. Sci., 369:33-46.

147.- Feder, J., Tolbert, W. 1983. "The Large-Scale Cultivation of Mammalian Cells". Sci. Am., 248 (6): 24-31.

148.- López, J.L. 1983. METODO E HIPOTESIS CIENTIFICOS. Trillas. Co. México. Vol. III.

149.- Haggis, G., Michie, D., Muir, A., Roberts, K., Walker, P. -- 1969. INTRODUCCION A LA BIOLOGIA MOLECULAR. Alhambra. Co. Madrid: 389-394.

150.- Weisskopf, V. 1984. "El Origen del Universo". Ciencia y Desarrollo, #55:57-68.

151.- Colin, R. 1971. SECRETOS DEL COSMOS, Salvat Editores, S.A. Co. Navarra:68.

152.- Cameron, A. 1981. "El Origen y Evolución del Sistema Solar". En: EL SISTEMA SOLAR. (A. Cameron (ed.)). H.Blume Ediciones. Co. Madrid:23-32.

- 153.- 1981. "Evolución Química de las Galaxias". Inf. Cientif. y Tec., 3 (41):30-31.
- 154.- Pestigo, L. 1980. QUIMICA GENERAL APLICADA. Ramón Sopena, - S.A. Co. Barcelona:158-167.
- 155.- Millikan, R. 1944. ELECTRONES (+ y -) PROTONES, FOTONES, -- NEUTRONES Y RAYOS COSMICOS. Espasa Calpe Argentina, S.A. Co. Buenos Aires:331-340.
- 156.- Andrews, D., Kokes, R. 1964. QUIMICA FUNDAMENTAL. Limusa- - Wiley, S.A. Co. México:830-835.
- 157.- Colín, R. 1971. SECRETOS DEL COSMOS. Salvat Editores, S.A. Co. Navarra:45.
- 158.- Keenan, Ch., Wood, J. 1973. QUIMICA GENERAL APLICADA. CECSA. Co. México:465-467.
- 159.- Chaisson, E. 1980. "Viaje al Centro de la Galaxia". Inf. -- Cientif. y Tec., 2(34):2-13.
- 160.- Martínez, A.M., Bulbulian, S. 1974. "Los Isótopos Radiactivos". Naturaleza, 5:85-87.
- 161.- Andrews, D., Kokes, R. 1964. QUIMICA FUNDAMENTAL. Limusa- - Wiley, S.A. Co. México:97.
- 1962.- Snyder, M. 1974. QUIMICA, ESTRUCTURA Y REACCIONES. CECSA. Co. México:133-141.
- 163.- Allen, Ch. 1982. "Nuevos Restos de Super-Nova". Inf. Cientif. y Tec., 4 (38):28-29.
- 164.- Del Pozo, J.M. 1984. "Formación del Sistema Solar". Inf. -- Cientif. y Tec., 6(92): 13-15.

- 165.- Rodríguez, J.L. 1982. Comunicación durante el ciclo de conferencias: EVOLUCION Y ASPECTOS TEORICOS DE LA QUIMICA PREBIOTICA. Celebrado en México D.F. del 27 de septiembre al 1 de octubre de 1982 en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. IPN.
- 166.- Sagan, C. 1982. COSMOS. Planeta, S.A. Co. Barcelona:233.
- 167.- Shapley, H. 1974. DE ESTRELLAS Y HOMBRES. Fondo de Cultura Económica. Co. México:72-73.
- 168.- Zentella, M., Carrillo, G. 1978. "Bases Moleculares del Origen de la Vida". En: MENSAJE BIOQUIMICO. (Y. Saldaña, G. Alvarez, E. Piña (eds.)). Facultad de Medicina UNAM. Co. México:71-118.
- 169.- Mackay, K., Mackay, R. 1974. INTRODUCCION A LA QUIMICA INORGANICA MODERNA. Reverté, S.A. Co. Barcelona:203.
- 170.- Morrison, R., Boyd, R. 1976. QUIMICA ORGANICA. Fondo Educativo Interamericano, S.A. Co. México:44.
- 171.- Andrews, D., Kokes, R. 1964. QUIMICA FUNDAMENTAL. Limusa - Wiley, S.A. Co. México:279.
- 172.- Domínguez, R. 1970. "Hidrocarburos". CURSO ELEMENTAL DE QUIMICA. Porrúa, S.A. Co. México:279.
- 173.- Bargalló, M. 1972. "Elementos del Carbono". En: TRATADO DE QUIMICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa, S.A. Co. México:462-466.
- 174.- Bargalló, M. 1972. "Oxidos y Oxiácidos del Carbono y del Silicio, Carbonatos y Silicatos". En: TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa, S.A. Co. México:477-500.
- 175.- Riesenfeld, E. 1949. TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. Editora Nacional, S.A. Co. México:441.

- 176.- Islas, C. 1972. "Compuestos del Aluminio". En: TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa, S.A. Co. México: 441.
- 177.- Bargalló, M. 1972. "Elementos del Nitrógeno" En: TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa, S.A. Co. México: 538-545.
- 178.- Bargalló, M. 1972. "Compuestos del Nitrógeno". En : TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa, S.A. Co. Méx.: 552-559.
- 179.- Heslop, R., Jones, K. 1976. INORGANIC CHEMISTRY A GUIDE TO ADVANCED STUDY. Elsevier Scientific Publishing Company. Co. Amsterdam:311.
- 180.- De la Torre, S. 1972. "Hidrógeno". En: TRATADO DE QUIMICA - INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa, S.A. Co. México:360-363.
- 181.- Timm, J. 1982. QUIMICA GENERAL. Mc. Graw-Hill. Co. México: 205.
- 182.- Bargalló, M. 1972. "Calcógenos". En: TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa, S.A. Co. México:659-663.
- 183.- Riesenfeld, E. 1949. TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. Editora Nacional, S.A. Co. México:195.
- 184.- Kelly, B.J. 1979. "Pioneer's Venus:More than Fire and Brimstone". Sky and Telescope, (july):15.
- 185.- Bargalló, M. 1972. "Compuestos Nitrogenados del Carbono" En: TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa, S.A. Co. México:503-506.

- 186.- Morrison, R., Boyd, R. 1976. "Derivados Funcionales de los Acidos Carboxílicos". En: QUIMICA ORGANICA. (R. Morrison, R. Boyd (eds.)). Fondo Educativo Interamericano, S.A. Co. México:705-708.
- 187.- Longo, F. 1981. QUIMICA GENERAL. Mc. Graw-Hill. Co. México: 480-483.
- 188.- Brescia, F., Mehlman, S., Pellegrini, F., Stambler, S. 1977. QUIMICA. Interamericana. Co. México:375-378.
- 189.- Metcalfe, H., Williams, J., Castka, J. 1982. QUIMICA MODERNA. Interamericana. Co. México:216-234.
- 190.- Babor, J., Ibarz, J. 1977. QUIMICA GENERAL MODERNA. Epoca, S.A. Co. México:130-152.
- 191.- Nekrásov, B. 1981. QUIMICA GENERAL. Mirmoscu. Co. Moscú:125-131.
- 192.- Lehninger, A. 1977. BIOQUIMICA. Ediciones Omega, S.A. Co. - Barcelona:39-53.
- 193.- Mertz, E. 1971. BIOQUIMICA. Publicaciones Cultural. Co. Méx.: 5-10.
- 194.- Perkins, H. 1969. "Tensión Superficial y Capilaridad" En: - FISICA GENERAL. (H. Perkins (ed.)). Uteha. Co. México:169-178.
- 195.- Perkins, H. 1969. "Calor Específico del Agua". En: FISICA - GENERAL. (H. Perkins(ed.)). Uteha. Co. México:219.
- 196.- Ander, P., Sonnessa, A. 1973. PRINCIPIOS DE QUIMICA. Limusa. Co. México:497-498.

197.- Eggers, D., Gregory, N., Haldsey, G., Rabinovitch, B. 1967. FISICOQUIMICA. Limusa-Wiley, S.A. Co. México:271.

198.- Kimball, J. 1982. BIOLOGIA. Fondo Educativo Interamericano. Co. México:786-796.

199.- Czihak, G., Langer, H., Ziegler, H. 1982. BIOLOGIA. Alhambra Universidad. Co. México:47-70.

200.- Loewy, A., Siekevitz, D. 1980. ESTRUCTURA Y FUNCION CELULAR. GECSA, Co. México:107-118.

201.- Angell, A. 1983. "Las Anomalías del Agua". Mundo Científico, 2 (16):726-736.

202.- Blum, J. 1963. "The Influence of Water Currents on the Life Functions of Algae". Ann. N.Y. Acad. Sci., 108:353-358.

203.- Cotton, F., Wilkinson, G. 1976. QUIMICA INORGANICA BASICA. Limusa. Co. México:185-194.

204.- Carson, R. 1969. EL ASOMBROSO MUNDO DE LA NATURALEZA. Selecciones del Reader's Digest. Co. México:193-197.

205.- Costeau, J-Y. 1981. MUNDO SUBMARINO. Urbion-Hyspamerica. Co. Madrid. (Tomó II).:4-5.

206.- Timm, J. 1982. QUIMICA GENERAL. Mc.Graw-Hill. Co. México: - 192-193.

207.- Kimball, J. 1982. "La Teoría de Oparin". En: BIOLOGIA. (J. Kimball (ed.)). Fondo Educativo Interamericano. Co. México:12.

208.- Slabaugh, W., Parsons, T. 1980. QUIMICA GENERAL. Limusa. -- Co. México:381.

- 209.- Frey, P. 1977. "La Familia del Azufre". En: QUIMICA MODERNA. (P.Frey (ed.)). Montaner y Simon, S.A. Co. Barcelona:379-390.
- 210.- Keenan, Ch., Wood, J. 1982. "La Familia del Nitrógeno" En: QUIMICA GENERAL UNIVERSITARIA. (Ch. Keenan, J. Wood (eds.)). CEC-SA. Co. México:651.
- 211.- Keenan, Ch., Wood, J. 1982. "Carbono, Silicio y Boro". En: QUIMICA GENERAL UNIVERSITARIA. (Ch. Keenan, J. Wood (eds.)). CEC-SA. Co. México:680.
- 212.- Metcalfe, H., Williams, J., Castka, J. 1982. "El Nitrógeno y sus Compuestos". En: QUIMICA MODERNA. (H. Metcalfe, J. Williams (eds.)). Interamericana. Co. México:541-543.
- 213.- Brescia, F., Arents, J. Meislich, H., Turk, A. 1981. FUNDAMENTOS DE QUIMICA. CECSA. Co. México:488.
- 214.- Timm, J. 1982. "Elementos del grupo VIA". En: QUIMICA GENERAL. Mc. Graw-Hill. Co. México:466.
- 215.- Bargalló, M. 1972. "Compuestos de los Calcógenos con el Hidrógeno". En: TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa. Co. México:701.
- 216.- Bargalló, M. 1972. "Oxidos y Oxiácidos del Nitrógeno y sus Tipos de Sales". En: TRATADO DE QUIMICA INORGANICA. (M. Bargalló (ed.)). Porrúa. Co. México:571-572.
- 217.- López de M, S. 1972. MODELOS MATEMATICOS. Diseño y Composición Litográfica, S.A. Co. México.
- 218.- Neckers, D., Doyle, M. 1980. "Estudio de los Mecanismos de Reacción: Reacciones de Desplazamiento Nucleofílico". En: QUIMICA ORGANICA. (D. Neckers, M. Doyle (eds.)). Compañía Editorial Continental, S.A. Co. México:441-487.

- 219.- Breslow, R. 1967. MECANISMOS DE REACCIONES ORGANICAS. Reverté, S.A. Co. Barcelona.
- 220.- Tchoobar, B. 1976. MECANISMOS DE REACCION EN QUIMICA ORGANICA. Limusa. Co. México.
- 221.- Ingraham, Ll. 1962. BIOCHEMICAL MECHANISMS. John Wiley and Sons. Inc. Co. USA.
- 222.- Alder, R., Baker, R., Brown, J. 1971. MECHANISMS IN ORGANIC CHEMISTRY. Wiley-Interscience. Co. G.B.
- 223.- Morrison, R., Boyd, R. 1976. "Metano". En: QUIMICA ORGANICA. (R. Morrison, R. Boyd (eds.)). Fondo Educativo Interamericano, S.A. Co. México:49-52.
- 224.- Florkin, M., Stotz, E. 1962. "Separation Methods". In: COMPREHENSIVE BIOCHEMISTRY. (M. Florkin, E. Stotz (eds.)). Elsevier Publishing Company Inc. Co. N.Y. (Vol. IV).
- 225.- Wilcox, W. 1973. "Crystallization". In: AN INTRODUCTION TO SEPARATION SCIENCE. (B. Karger, Ll. Snyder, C. Horvath (eds.)). John Wiley and Sons. Co. N.Y.:303-334.
- 226.- Cross, R.A., Strathmann, H. 1973. "Dialysis". In: AN INTRODUCTION TO SEPARATION SCIENCE. (B.Karger, Ll. Snyder, C. Horvath (eds.)). John Wiley and Sons. Co. N.Y. :486-494.
- 227.- Gray, G. 1951. "Electrophoresis". Sci. Am., 185 (6):45-53.
- 228.- Stein, W., Moore, S. 1951. "Chromatography". Sci. Am., 184 (3): 35-41.
- 229.- Patridge, S. 1949. "Aniline Hydrogen Phthalate as a Spraying Reagent for Chromatography of Sugars". Nature, 164:443.

- 230.- Wood, T. 1955. "A Reagent for the Detection of Chloride and of Certain Purines and Pyrimidines on Paper Chromatograms". Nature, 176:175-176.
- 231.- Joseph-Nathan, P. 1975. SEPARACIONES CROMATOGRÁFICAS. Edicol, S.A. Co. México.
- 232.- Ito, Y., Bowman, R. 1971. "Countercurrent Chromatography - with Flow-Through Coil Planet Centrifuge". Science, 173:420-422.
- 233.- Giri, K. Rao, N. 1952. "A Technique for the Identification - of Amino-Acids Separated by Circular Paper Chromatography". Nature, 169:923-924.
- 234.- Bhattacharya, K., Datta, J., Roy, D. 1959. "Application of Sakaguchi Reaction to the Quantitative Estimation of Arginine: A Method Involving Paper Chromatography". Arch. Biochem. Biophys., 84:377-398.
- 235.- Rydon, H., Smith, P. 1952. "A New Method for the Detection of Peptides and Smiler Compounds on Paper Chromatograms". Nature, 169:922-923.
- 236.- Reindel, F., Hoppe, W. 1953. "Über eine neue Färbemethode - zum Nachweis von Aminosäuren, Peptiden und Eiweißkörpern auf Papier-Chromatogrammen und Electropherogrammen". Naturwiss., 40:221.
- 237.- Smith, P., Pydon, H. 1952. "A New Method for the Detection of Peptides and Similar Compounds on Paper Chromatograms". Nature, 169:922-923.
- 238.- Hirs, S., Moore, S., Stein, W. 1954. "The Chromatography of Amino Acids on Ion Exchange Resins. Use of Volatile Acids for Elution". J. Amer. Chem. Soc., 76:6063.

- 239.- Randerath, K. 1970. CROMATOGRAFIA DE CAPA FINA. Ediciones - Urmo, S.A. Co. Bilbao.
- 240.- Keller, R. 1961. "Gas Chromatography". Sci. Am., 205 (4): - 58-67.
- 241.- Storch de García, J. 1968. FUNDAMENTOS DE LA CROMATOGRAFIA DE GASES. Alhambra, S.A. Co. Madrid.
- 242.- Zweig, G., Sherma, J. 1972. HANDBOOK OF CHROMATOGRAPHY. CRC Press. Co. Ohio. (Vol. I):245 (Table L.C. 68).
- 243.-Hodgman, Ch., Weast, R., Selby, S., Frankel, M., Patai, S., Farkas-Kadmon, R., Zilkha, A. 1960. TABLES FOR IDENTIFICATION OF ORGANIC COMPOUNDS. Supplement to Handbook of Chemistry and Physics. Chemical Rubber Publishing Company. Co. Ohio.
- 244.- Willard, H., Merritt, L., Dean, J. 1974. "Espectrometría de Masa". En: METODOS INSTRUMENTALES DE ANALISIS. (H. Willard, L. Merritt, J. Dean (eds.)). CECSA. Co. México:535-568.
- 245.- Crawford, B. 1953. "Chemical Analysis by Infrared". Sci. Am., 184 (4) :42-48.
- 246.- Dyer, J. 1973. APLICACIONES DE LA ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION EN COMPUESTOS ORGANICOS. Prentice Hall Internacional. Co. Madrid.
- 247.- Creswell, C., Runquist, O., Campbell, M. 1972. SPECTRAL ANALYSIS OF ORGANIC COMPOUNDS. Burgess Publishing Company. Co. Minn.
- 248.- Strobel, H. 1968. INSTRUMENTACION QUIMICA. Limusa-Wiley. Co. México.
- 249.- Benedek, G. 1965. "Magnetic Resonance at High Pressure". -- Sci. Am., 212 (1) :103-108.

250.- Joseph/Nathan, P., Diaz, E. 1970. INTRODUCCION A LA RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR. Limusa-Wiley. Co. México.

251.- Bible, R. 1965. INTERPRETATION OF NMR SPECTRA AN ENPIRICAL APPROACH. Plenum Press. Co. N.Y.

252.- Shulman, R., Brown, T., Ugurbil, K., Ogawa, S., Cohen, S., - Hollander, J. 1979. "Cellular Applications of ^{31}P and ^{13}C Nuclear Magnetic Resonance". Science, 205:160-166.

253.- Shulman, R. 1983. "NMR Spectroscopy of Living Cells". Sci. Am., 248:76-83.

254.- Florkin, M., Stotz, E. 1962. "Methods for the Study of Molecules". In: COMPREHENSIVE BIOCHEMISTRY. (M. Florkin, E. Stotz - (eds.)). Elsevier Publishing Company Inc. Co. N.Y. (Vol. III).

255.- Klages, F. 1961. "Sonstige Stickstofffreie Naturstoffe". In: EINFUHRUNG IN DIE ORGANISCHE CHEMIE. (F. Klages (her.)). Walter de Gruyter und Co. Co. Berlin:453.

256.- Landsberg, H. 1953. "The Origin of the Atmosphere" Sci. Am., 189 (2):82-86.

257.- Morrison, R., Boyd, R. 1976. "Halogenuros de Alquilo". En: QUIMICA ORGANICA. (R. Morrison, R. Boyd (eds.)). Fondo Educativo Interamericano, S.A. Co. México:469-471.

258.- Ledenberg, J. 1960. "Exobiology: Approaches to Life Beyond the Earth". Science, 132:393-400.

259.- Miller, S., Orgel, L. 1974. "Prebiotic Synthesis of Amino - Acids, Urea, Fatty Acids, Porphyrins and Vitamins". In: THE ORIGINS OF LIFE ON THE EARTH. (S. Miller, L. Orgel (eds.)). Prentice-Hall inc. Co. New Jersey:83-102.

- 260.- Palm, Ch., Calvin, M. 1962. "Primordial Organic Chemistry I. Compounds Resulting from Electron Irradiation of $C^{14}H_4$ ". J. Amer. Chem. Soc., 84:2115-2121.
- 261.- Morrison, R., Boyd, R. 1976. "Acidos Carboxílicos" En: QUÍMICA ORGANICA. (R. Morrison, R. Boyd (eds.)). Fondo Educativo Interamericano, S.A. Co. México:598-628.
- 262.- Sanchez, R, Orgel, L. 1966. "Cyanoacetylene in Prebiotic - Synthesis". Science, 154:784-785.
- 263.- Klages, F. 1961. "Verbindungen mit Mehreren Sauerstoff-Funktionen im Molekül" In: EINFÜHRUNG IN DIE ORGANISCHE CHEMIE. (F. -- Klages (ed.)). Walter de Gruyter und Co. Co. Berlin:146-193.
- 264.- Negrón-Mendoza, A. 1983. "La Radiación Ionizante en Procesos de Evolución Química". Rev. Ciencia y Tec., 48:44-47.
- 265.- Negrón- Mendoza, A., Draganić, Z.D., Navarro-Gonzalez, R., Draganić, I.G. 1983. "Aldehydes, Ketones, and Carboxylic Acids -- Formed Radiolytically in Aqueous Solutions of Cyanides and Simple Nitriles". Radiation Research, 95:248-261.
- 266.- Draganić, I., Jovanović, S., Niketić, V., Draganić, Z. 1980. "The Radiolysis of Aqueous Acetonitrile: Compounds of Interest to Chemical Evolution Studies". J. Mol Evol., 15:261-275.
- 267.- Negrón -Mendoza, A., Graff, R., Ponnampereuma, C. 1980. "γ - Irradiation of Malic Acid in Aqueous Solutions". Origins of Life, 10:335-341.
- 268.- Alexander, P., Lett, J. 1967. "Effects of Ionizing Radiations on Biological Macromolecules" In: COMPREHENSIVE BIOCHEMISTRY. (M. Florkin, E. Stotz (eds.)). Elsevier Publishing Company Inc. Co. -- N.Y. :271.

269.- Spoerl, E. 1951. "The Lethal Effects of Radiation". Sci. Am., 185 (6):22-25.

270.- Lampe, F. 1957. "High Energy Electron Irradiation of Methane Remarks on the Reaction Mechanisms". J. Amer. Chem. Soc., 79 :1055-1058.

271.- Garrison, W., Morrison, D., Hamilton, J., Benson, A., Calvin, M. 1951. "Reduction of Carbon Dioxide in Aqueous Solutions by Ionizing Radiations". Science, 114:416-419.

272.- Garrison, W., Haymond, H., Morrison, D., Weeks, B., Gile-Melchert, J. 1953. "High Energy Helium Ion Irradiation of Aqueous Acetic Acid Solutions". J. Amer. Chem. Soc., 75:2459-2464.

273.- Hasselstrom, T., Malcom, H. 1956. "New Synthesis of Oxalic Acid". Science, 123:1038-1039.

274.- Ferris, J., Sánchez, R., Orgel, L. 1968. "Studies in Prebiotic Synthesis III. Synthesis of Pyrimidines from Cyanoacetylene -- and Cyanate". J. Mol. Biol., 33:693-704.

275.- Neckers, D., Doyle, M. 1980. "Compuestos Aromáticos Heterocíclicos". En: QUIMICA ORGANICA. (D. Neckers, M. Doyle (eds.)).CECSA. Co. México:939.

276.- Morrison, R., Boyd, R. 1976. "Compuestos Heterocíclicos" En: QUIMICA ORGANICA. (R. Morrison, R.Boyd (ed.)). Fondo Educativo Interamericano, S.A. Co. México:1030.

277.- Friedmann, N., Miller, S., Sánchez, R. 1971. "Primitive Earth Synthesis of Nicotinic Acid Derivatives". Science, 171: 1026-1027.

278.- Dowler, M., Fuller, W., Orgel, L., Sánchez, R. 1970. "Prebiotic Synthesis of Propionaldehyde and Nicotinamide". Science, 169 : 1320-1321.

279.- Mc. Chesney, M. 1963. "Shock Waves and High Temperatures". Sci. Am., 208 (2):109-119.

280.- Bar-Nun, A., Bar-Nun, N., Bauer, S., Sagan, C. 1970. "Shock Synthesis of Amino Acids in Simulated Primitive Environments". -- Science, 168:470-472.

281.- Wald, G. 1954. "The Origin of Life". Sci. Am., 191 (2):44-53.

282.- Wald, G. 1964. "The Origins of Life". Proc. Natl. Acad. Sci., 52:595-611.

283.- Miller, S. 1981. "Primera Síntesis de Compuestos Orgánicos - Obtenida en Laboratorio en las Condiciones de la Tierra Primitiva". Ciencia y Desarrollo, #40:158-164.

284.- Miller, S. 1957. "The Formation of Organic Compounds on the Primitive Earth". Ann. N.Y. Acad. Sci., 69:260-275.

285.- Oró, J. 1963. "Studies in Experimental Organic Cosmochemistry". Ann. N.Y. Acad. Sci., 108:464-481.

286.- Löb, W. 1913. Ber. Deut. Chem. Ges., 46:684-697.

287.- Heyns, K., Walter, W., Meyer, E. 1957. "Modelluntersüchungen zur Bildung Organischer Verbindungen in Atmosphären einfacher gase durch elektrische Entladungen". Naturwiss., 44:385-389.

288.- Hough, L., Rogers, F. 1956. "Synthesis of Amino-Acids from Water, Hydrogen, Methane and Ammonia". J. Physiol., 132: 28p.

- 289.- Baly, E., Heilbron, I., Hudson, D. 1922. "CXXX.-Photocatalysis Part II. The Photosynthesis of Nitrogen Compounds from Nitrates and Carbon Dioxide". J. Chem. Soc., 121:1078-1088.
- 290.- Bahadur, K. 1954. "Photosynthesis of Amino-Acids from Paraformaldehyde and Potassium Nitrate". Nature, 173:1141.
- 291.- Bahadur, k., Ranganayaki, S., Santamaria, L. 1958. "Photosynthesis of Amino- Acids from Paraformaldehyde Involving the - - Fixation of Nitrogen in the Presence of Colloidal Molybdenum Oxide as Catalyst". Nature, 182:1668.
- 292.- Paschke, R., Chang, R., Young, D. 1957. "Probable Role of - Gamma Irradiation in Origin of Life". Science, 125:881.
- 293.- Hasselstrom, T., Henry, M., Murr, B. 1957. "Synthesis of -- Amino-Acids by Beta Radiation". Science, 125:350-351.
- 294.-Goth, W., Weyssenhoff, H. 1957. "Photochemische Bildung von - Aminosäuren aus Mischungen Einfacher Gase". Naturwiss., 44:510-511.
- 295.- Deschreider, A. 1958. "Photosynthesis of Amino-Acids". Nature, 182:528.
- 296.- Sagan, C., Khare, B. 1971. "Long-Wavelength Ultraviolet Photoproduction of Amino Acids on the Primitive Earth". Science, 173: 417-420.
- 297.- Khare, B., Sagan, C. 1971. "Synthesis of Cystine in Simulated Primitive Conditions". Nature, 232:577-579.
- 298.- Fox, S., Johnson, J., Middlebrook, M. 1955 "Pyrosynthesis - of Aspartic Acid and Alanine from Citric Acid Cycle Intermediates". J. Amer. Chem. Soc., 77:1048.

299.- Lowe, C., Rees, M., Mar Kham, R. 1963. "Synthesis of Complex Organic Compounds from Simple Precursors: Formation of Amino-Acids, Amino Acid Polymers, Fatty Acids and Purines from Ammonium Cyanide". Nature, 199:219-222.

300.- Oró, J., Kimball, A., Fritz, R., Master, F. 1959. "Amino Acid Synthesis from Formaldehyde and Hydroxylamine". Arch. Biochem. Biophys., 85:115-130.

301.- Choughuley, A., Lemmon, R. 1966. "Production of Cystetic Acid, Taurine and Cystamine under Primitive Earth Conditions". Nature, - 210:628-629.

302.- Steinman, G., Smith, A., Silver, J. 1968. "Synthesis of a - Sulfur-Containing Amino Acid under Simulated Prebiotic Conditions". Science, 159:1108-1109.

303.- Van Trump, J., Miller, S. 1972. "Prebiotic Synthesis of Methionine". Science, 178:859.

304.- Steinman, G. 1966. "Synthesis of Amino Acid Residues with -- Reactive Side Chains under Simple Conditions". Science, 154: 1344-1346.

305.- Sharon, N. 1980. "Carbohidrates". Sci. Am., 243 (5):90-116.

306.- Lehninger, A. 1977. "Azúcares, Polisacáridos de Reserva y - Paredes Celulares". En: BIOQUÍMICA. (A. Lehninger (ed.)). Ediciones Omega, S.A. Co. Barcelona:232.

307.- Langenbeck, W. 1942. "Die Formaldehydkondensation als Organische Autokatalyse". Naturwiss., 30:30-34.

308.- Reid, C., Orgel, L. 1967. "Synthesis of Sugars in Potentially Prebiotic Conditions". Nature, 216:455.

- 309.- Gabel, N., Ponnampereuma, C. 1972. "Primordial Organic Chemistry". En: EXO BIOLOGY. (C. Ponnampereuma (ed.)). North-Holland - Publishing Company. Co. Amsterdam:96-129.
- 310.- Morrison, R. Boyd, R. 1976. "Aldehidos y Cetonas" En: QUIMICA ORGANICA. (R. Morrison, R. Boyd (eds.)). Fondo Educativo Interamericano, S.A. Co. México:652.
- 311.- Miller, S., Orgel, L. 1974. "Prebiotic-Synthesis of Purine, Pyrimidines and Nucleosides". In: THE ORIGINS OF LIFE ON THE EARTH. (S. Miller, L. Orgel (eds.)). Prentice-Hall Inc. Co. N.J.: 103-117.
- 312.- Lehninger, A. 1977. "El Origen de la Vida". En: BIOQUIMICA. (A. Lehninger (ed.)). Ediciones Omega, S.A. Co. Barcelona:813-839.
- 313.- Sánchez, R., Ferris, J., Orgel, L. 1967. "Studies in Prebiotic Synthesis II. Synthesis of Purine Precursors and Amino Acids from Aqueous Hydrogen Cyanide". J. Mol. Biol., 30:223-253.
- 314.- Sánchez, R., Ferris, J., Orgel, L. 1968. "Studies in Prebiotic Synthesis IV. Conversion of 4-Aminoimidazole-5 Carbonitrile - Derivates to Purines". J. Mol. Biol., 38:121-128.
- 315.- Ferris, J. Orgel, L. 1966. "Studies in Prebiotic Synthesis. Aminomalononitrile and 4-Amino-5 cyanoimidazole". J. Amer. Chem. Soc., 88:3829-3831.
- 316.- Ferris, J., Orgel, L. 1966. "An Unusual Photochemical Rearrangement in the Synthesis of Adenine from Hydrogen Cyanide". J. Amer. Chem. Soc., 88:1074.
- 317.- Ferris, J., Orgel, L. 1965. "Aminomalononitrile and 4-Amino-5 Cyanoimidazole in Hydrogen Cyanide Polymerization and Adenine - Synthesis". J. Amer. Chem. Soc., 87:4976-4977.

- 318.- Oró, J. Kimball, A. 1962. "Synthesis of Purines under Possible Primitive Earth Conditions II. Purine Intermediates from Hydrogen Cyanide". Arch. Biochem. Biophys., 96:293-313.
- 319.- Sánchez, R., Ferris, J., Orgel, L. "Conditions for Purine -- Synthesis: Did Prebiotic Synthesis Occur at Low Temperatures?". -- Science, 153:7273.
- 320.- Bronowski, J. 1979. "La Escala de la Creación". En: EL ASCENSO DEL HOMBRE. (J. Bronowski (ed.)). Fondo Educativo Interamericano. Co. México:314-318.
- 321.- Davidson, D., Baudisch, O. 1926. "The Preparation of Uracil from Urea". J. Amer. Chem. Soc., 48:2379-2383.
- 322.- Ferris, J. 1968. "Cyanovinyl Phosphate: A Prebiological - - Phosphorylating Agent?". Science, 161:53-54.
- 323.- Keosian, J. 1960. "On the Origin of Life". Science, 131:479-482.
- 324.- Haldane, J. 1928. Rationalist Annual, 148.
- 325.- Trias, A.M. 1981. "Genética: Los Misterios de la Herencia". Rev. Geo. Univ., 11(4):339-361.
- 326.- Lazcano-Araujo, A. 1977. "La Síntesis Prebiológica de Compuestos Orgánicos". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (A. Lazcano-A.(ed.)). Edicol-Anuies. Co. México:43-56.
- 327.- Baker, B. 1971. "Review of Organic Matter in the Orgueil -- Meteorite". Space Life Sciences, 2:472-497.
- 328.- Oró, J., Gibert, J., Lichtenstein, H., Wikstrom, S., Flory, D. 1971. "Amino Acids, Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons in the Murchison Meteorite". Nature, 230:105-106.

329.- Kvenvolden, K., Lewless, L., Ponnampereuma, C. 1971. "Non -- Protein Amino Acids in the Murchison Meteorite". Proc. Natl. Acad. Sci., 68:486-490.

330.- Cronin, J., Moore, C. 1971. "Amino Acids Analyses of the -- Murchison, Murray and Allende Carbonaceous Chondrites". Science, - 172:1327-1329.

331.- Kvenvolden, K., Lawles, J., Perring, K., Peterson, E., Flores, J., Ponnampereuma, C., Kaplan, I., Moore, C. 1970. "Evidence for -- Extraterrestrial Amino-Acids and Hydrocarbons in the Murchison Meteorite". Nature, 228:923-926.

332.- Keosian, J. 1975. "Síntesis Abiótica de Compuestos Orgánicos". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (J. Keosian (ed.)). Alhambra, S.A. Co. - Madrid:28-46.

333.- Bergamini, D. 1978. "Vida en Otros Planetas" En: EL UNIVERSO. (D. Bergamini et. al. (eds.)). Time-Life Int. de Méx., S.A. de C.V. Co. México:78.

334.- Ozima, M., Marty, B. 1983. "El Origen de la Atmósfera". Mundo Científico, 3 (24):440-449.

335.- Francis, P. 1983. "Gigant Volcanic Calderas". Sci. Am., 248 (6):46-56.

336.- ¿Somos Hijos de los Volcanes?. Comunicación corta extraída del periódico EXCELSIOR, con fecha del Sábado 18 de julio de 1983. México, D.F.. Sección "B":11,13.

337.- Hales, D. 1982. "El Reto de los Volcanes". Ciencia y Futuro (GeoMundo), 1 (1):83-89.

338.- Markhinin, E., Podkletnov, N. 1977. "The Phenomenon of Formation of Prebiological Compounds in Volcanic Processes". Origins of Life, 8 (3):225-235.

339.- Findley, R. 1981. "Mountain with a Death Wish". National -- Geographic, 159 (1):3-34.

340.- Findley, R. 1981. "In the Path of Destruction". National -- Geographic, 159 (1):35-49.

341.- Findley, R. 1981. "The Day the Sky Fell". National Geogra-- phic, 159 (1):50-65.

342.- Turner, B. 1973. "Interstellar Molecules". Sci. Am., 228 - (3):50-69.

343.- Lederberg, J., Cowie, D. 1958. "Moondust" Science, 127:1474-1475.

344.- Hochstim, A. 1963. Proc. Natl. Acad. Sci., 50:200.

345.- Keosian, J. 1975. "La Atmósfera Primitiva y el Factor Ener-- gía". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (J. Keosian (ed.)). Alhambra, S.A. Co. Madrid:58-67.

346.- Lazcano-Araujo, A. 1977. "La Alternativa Materialista". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (A. Lazcano-A. (ed.)). Edicol-Anuies. Co. - México:25-30.

347.- Ponnampereuma, C. 1981. "Harold Clayton Urey, Chemist of the Cosmos". Sky and Telescope, (may):397.

348.- Keosian, J. 1975. "Otros Problemas y Especulaciones". En : EL ORIGEN DE LA VIDA. (J. Keosian (ed.)). Alhambra, S.A. Co. Ma-- drid:100-116.

- 349.- Lehninger, A. 1977. "Transporte Electrónico Fotosintético y Fosforilación". En: BIOQUIMICA. (A. Lehninger (ed.)). Ediciones - Omega, S.A. Co. Barcelona:491.
- 350.- Lehninger, A. 1977. "Transporte Electrónico y Fosforilación Oxidativa". En: BIOQUIMICA. (A. Lehninger (ed.)). Ediciones Omega, S.A. Co. Barcelona:397.
- 351.- Szutka, A. 1964. "Porphine-Like Substances: Probable Synthesis During Chemical Evolution". Nature, 202:1231-1232.
- 352.- Rothemund, P. 1936. "A New Porphyrin Synthesis. The Synthesis of Porphin". J. Amer. Chem. Soc., 58:625-627.
- 353.- Hodgson, G., Baker, B. 1967. "Porphyrin Abiogenesis from Pyrrole and Formaldehyde under Simulated Geochemical Conditions". - Nature, 216:29-32.
- 354.- Rothemund, P. 1935. "Formation of Porphyrins from Pyrrole and Aldehydes". J. Amer. Chem. Soc., 57:2010-2011.
- 355.- Krasnovskii, A., Umrikhina, A. 1964. "Abiogenic Formation of Porphin and its Participation in Processes of Photochemical Electron Transfer". Chem. Abs., 61:858.
- 356.- Klages, F. 1961. "Die Organischen Farbstoffe". In: EINFUHRUNG IN DIE ORGANISCHE CHEMIE. (F. Klages (her.)). Walter de Gruyter und Co. Co. Berlin:417.
- 357.- Halmann, M., Sánchez, R., Orgel, L. 1969. "Phosphorylation of D-Ribose in Aqueous Solution". J. Org. Chem., 34:3702-3703.
- 358.- Steinman, G., Lemmon, R., Calvin, M. 1964. "Cyanamide: a Possible Key Compound in Chemical Evolution". Proc. Natl. Acad. Sci. U.S., 52:27-30.

359.- Jones, M. Lipmann, F. 1960. "Chemical and Enzymatic Synthesis of Carbamyl Phosphate". Proc. Natl. Acad. Sci. U.S., 46:1195.

360.- Lehninger, A. 1977. "Nucleótidos y Polinucleótidos". En : - BIOQUIMICA. (A. Lehninger (ed.)). Ediciones Omega, S.A. Co. Barcelona:257-261.

361.- Miller, S., Parris, M. 1964. "Synthesis of Pyrophosphate -- under Primitive Earth Conditions" Nature, 204: 1248-1250.

362.- Ponnampuruma, C., Kirk, P. 1964. "Synthesis of Deoxyadenosine under Simulated Primitive Earth Conditions". Nature, 203:400-401.

363.- Sánchez, R., Orgel, L. 1970. "Studies in Prebiotic Synthesis V. Synthesis and Photoanomerization of Pyrimidine Nucleosides". J. Mol. Biol., 47:531-543.

364.- Fuller, W., Sánchez, R., Orgel, L. 1972. "Studies in Prebiotic Synthesis VI. Synthesis of Purine Nucleosides". J. Mol. Biol., 67:25-33.

365.- Ponnampuruma, C., Mariner, R., Sagan, C. 1963. "Formation - of Adenosine by Ultra-Violet Irradiation of a Solution of Adenine and Ribose". Nature, 198:1199-1200.

366.- Schwartz, A., Ponnampuruma, C. 1968. "Phosphorylation of -- Adenosine with Linear Poliphosphate Salts in Aqueous Solution". - Nature, 218:443.

367.- Miller, S., Orgel, L. 1974. "Dehydration Reactions and Polymerizations" In: THE ORIGINS OF LIFE ON THE EARTH. (S. Miller, L. Orgel (eds.)). Prentice-Hall Inc. Co. N. J.:135-151.

- 368.- Dekker, C., Michelson, A., Todd, A. 1953. "Nucleotides Part XIX. Pyrimidine Deoxyribonucleoside Diphosphates". J. Chem. Soc., Part I:947-951.
- 369.- Michelson, A., Todd. 1953. "Nucleotides Part XX. Mononucleotides derived from Thymidine Identity of Thymidylic Acid from Natural Sources with Thymidylic Acid from Natural Sources with Thymidine-5'Phosphate". J. Chem. Soc., Part I:951.
- 370.- Schwartz, A., Fox, S. 1967. "Condensation of Cytidylic Acid in the Presence of Polyphosphoric Acid". Biochem. Biophys. Acta., 134:9-16.
- 371.- Friedman, H. 1980. "The Search for Life" In: THE AMAZING -- UNIVERSE. (H. Friedman (ed.)). The National Geographic Society. - Co. Washington, D.C.:190.
- 372.- Paecht-Horowitz, M., Berger, J., Katchalsky, A. 1970. "Prebiotic Synthesis of Polypeptides by Heterogeneous Polycondensation of Amino-Acid Adenylates". Nature, 228:636-639.
- 373.- Barker, S., Grant, P., Stacey, M., Ward, R. 1959. "Effects of γ -Radiation. Part I Polymer Formations from Sugars, Hydroxy--Acids, and Amino-Acids". J. Chem. Soc., Part III:2648-2654.
- 374.- Wilson, A. 1960. "Synthesis of Macromolecules under Possible Primeval Earth Conditions". Nature, 188:1007-1009.
- 375.- Waley, S., Watson, J. 1953. "Some Peptides of Lysine". J. - Chem. Soc., Part I:475-479.
- 376.- Fox, S., Wahneldt, T. 1968 "The Thermal Synthesis of Neutral and Basic Proteinoids". Biochem. Biophys. Acta, 160:246-249.

377.- Oro, J., Guidry, C. 1960. "A Novel Synthesis of Polypeptides". Nature, 186:156-157.

378.- Clifford, N., Matthews, C., Moser, R. 1966. "Prebiological - Protein Synthesis". Proc. Natl. Acad. Sci., 56:1087-1094.

379.- Miller, H., Waelsch, H. 1952. "The Synthesis of Glutamine -- and Asparagine Peptides and Glutamine". Arch. Biochem. Biophys., - 35:176-183.

380.- Harada, K., Fox, S. 1960. "The Thermal Copolymerization of - Aspartic Acid and Glutamic Acid". Arch. Biochem. Biophys., 86 : -- 274-280.

381.- Fox, S., Harada, K. 1960. "Thermal Copolymerization of Amino Acids in Presence of Phosphoric Acid". Arch. Biochem. Biophys., 86: 281-285.

382.- Vegotsky, A., Harada, K., Fox, S. 1958. "The Characterization of Polyaspartic Acid and Some Related Compounds". J. Amer. Chem. - Soc., 80:3361-3366.

383.- Steinman, G. 1967. "Sequence Generation in Prebiological Peptide Synthesis". Arch. Biochem. Biophys., 121:533-539.

384.- Oro, J., Guidry, C. 1961. "Direct Synthesis of Polypeptides. I Polycondensation of Glycine in Aqueous Ammonia". Arch. Biochem. Biophys., 93:166-171.

385.- Fox, S., Harada, K., Woods, K., Windsor, Ch. 1963. "Amino-- Acid Compositions of Proteinoids". Arch. Biochem. Biophys., 102: 439-445.

386.- Becker, R., Stahmann, M. 1953. "Polypeptide Formation by -- Reaction of N-Carboxy Amino Acid Anhydrides in Buffered Aqueous - Solutions". J. Biol. Chem., 204:737-744.

- 387.- Steinman, G., Kenyon, D., Calvin, M. 1966. "The Mechanism - and Protobiochemical Relevance of Dicyanamide-Mediated Peptide -- Synthesis". Biochem. Biophys. Acta, 124:339-350.
- 388.- Harada, K., Fox, S. 1958. "The Thermal Condensation of Glutamic Acid and Glycine to Linear Peptides". J. Amer. Chem. Soc., - 80:2694-2697.
- 389.- Meggy, A. 1956. "Glycine Peptides. Part II The Heat and Entropy of Formation of the Peptide Bond in Polyglycine". J. Chem. Soc., Part II:1444-1454.
- 390.- Krampitz, G. 1959. "Untersuchungen an Aminosäure-Kopolymerisaten". Naturwiss., 46:558.
- 391.- Schimpl, A., Lemmon, R., Calvin, M. 1965. "Cyanamide Formation under Primitive Earth Conditions". Science, 147:149-150.
- 392.- Linderstrom-Lang, K. 1953. "How is a Protein Made?". Sci. - Am., 189 (3):100-106.
- 393.- Miller, S., Orgel, L. 1974. "Nature of Biology". In: THE -- ORIGINS OF LIFE ON THE EARTH. (S. Miller, L. Orgel (eds.)). Prentice-Hall Inc. Co. N.J.:62-82.
- 394.- Steinman, G., Kenyon, D., Calvin, M. 1965. "Dehydration Condensation in aqueous Solution" Nature, 206: 707-708.
- 395.- Keosian, J. 1975. "Mecanismos de Reacción". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (J. Keosian (ed.)). Alhambra, S.A. Co. Madrid:68-82.
- 396.- Keosian, J. 1975. "Problemas Químicos del Origen de la Vida". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (J. Keosian (ed.)). Alhambra, S.A. Co. - Madrid:83-99.

- 397.- Sulston, J., Lohrmann, R., Orgel, L., Miles, H. 1968. "Specificity of Oligonucleotide Synthesis Directed by Polyuridylic Acid". Proc. Natl. Acad. Sci., 60:409-415.
- 398.- Schwartz, A., Fox, S. 1964. "Thermal Synthesis of Internucleotide-Phosphodiester Linkages". Biochem. Biophys. Acta, 87:696-698.
- 399.- Kochetkov, N., Budovsky, E., Domkin, V., Khromov-Borissov, N. 1964. "On The Structure of Polynucleotides Obtained by Condensation of nucleoside 2'(3')-Phosphates with Polyphosphoric Acid". Biochem. Biophys. Acta, 80:145-148.
- 400.- Sulston, J., Lohrmann, R., Orgel, L., Miles, T. 1968. "Non-enzymatic Synthesis of Oligoadenylates on a Polyuridylic Acid Template". Proc. Natl. Acad. Sci., 59:726-733.
- 401.- Sulston, J., Lohrmann, R., Orgel, L., Schneider-Bernloehr, H., Weimann, B., Miles, H. 1969. "Non-Enzymic Oligonucleotide Synthesis on a Polycytidylate Template". J. Mol. Biol., 40:227-234.
- 402.- Waehneltd, T., Fox, S. 1968. "The Binding of Basic Proteins with Organismic or Thermally Synthesized Polynucleotides". Biochem. Biophys. Acta, 160:239-245.
- 403.- Miller, S., Orgel, L. 1974. "From Random Polymers to the Most Primitive Organism". In : THE ORIGINS OF LIFE ON THE EARTH. (S. Miller, L. Orgel (eds.)). Prentice-Hall Inc. Co. New Jersey: 152-165.
- 404.- Oparin, A. 1979. "Estructuras y Funciones Biológicas de las Proteínas y de los Acidos Nucleicos. La Cuestión de su Origen ". En: ORIGEN DE LA VIDA SOBRE LA TIERRA. (A.I. Oparin (ed.)). Tecnos. Co. Madrid:178-230.

- 405.- Lehninger, A. 1977. "El Código Genético". En: BIOQUIMICA. - (A. Lehninger (ed.)). Ediciones Omega, S.A. Co. Barcelona:757-772.
- 406.- Mizutani, H., Ponnamperuma, C. 1977. "The Evolution of the Protein Synthesis System". Origin of Life, 8(3):183-219.
- 407.- Keosian, J. 1975. "La Naturaleza del Problema". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (J. Keosian (ed.)). Alhambra, S.A. Co. Madrid: -- 9-17.
- 408.- Shaffer, C. 1982. "La Evolución; (Multiplicidades Pluriconexas Megatoentrópicas en la Evolución de la Biosfera)". Fusión Nuclear, 1 (5):36-47.
- 409.- Abreu, L.F. 1983. Comunicación personal. Méx., D.F.
- 410.- Beltrán, E. 1978. "Alfonso L. Herrera: Un Pionero Mexicano en el Campo de la Biopoyesis". En: EL ORIGEN DE LA VIDA: Symp. Conmemorativo en Homenaje a A. I. Oparin. (A. Lazcano-A., A. Barrera (eds.)). UNAM. Co. México: 49-60.
- 411.- Herrera, A. 1942. "A New Theory of the Origin and Nature of Life". Science, 96:14.
- 412.- Lazcano-Araujo, A. 1977. "Los Sistemas Pre-Celulares". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (A. Lazcano-A. (ed.)). Edicol-Anuies. Co. - México: 57-68.
- 413.- Dominguez, A. 1975. "El Origen de la Vida en Nuestro Planeta". En: LA FORMACION DE LA TIERRA. (A. Oparin (ed.)). Salvat Editores, S.A. Co. Barcelona:41-44.
- 414.- Keosian, J. 1975. "El Origen de las Primeras Cosas Vivientes". En: EL ORIGEN DE LA VIDA. (J. Keosian (ed.)). Alhambra, S.A. Co. -- Madrid:47-57.

- 415.- Evreinova, T., Mamontova, T., Kavnaukhov, V. 1972. "Coacervate Systems and Evolution of Matter". In: MOLECULAR EVOLUTION: - Prebiological and Biological. (D. Rohlfing, A. Oparin (eds.)). -- Plenum Press. Co. N.Y.:361-370.
- 416.- Fox, S., Yuyama, S. 1963. "Abiotic Production of Primitive Protein and Formed Microparticles". Ann. N.Y. Acad. Sci., 108: -- 487-494.
- 417.- Fox, S., Harada, K., Kendrick, J. 1959. "Production of Spheres from Synthetic Proteinoid and Hot Water". Science, 129:1221-1222.
- 418.- Fox, S., Yuyama, S. 1963. "Effects on the Gram Stain on Microspheres from Thermal Polyaminoacids". J. Bacteriol., 85:279-283.
- 419.- Fox, S., Krampitz, G. 1964. "Catalytic Decomposition of -- Glucose in Aqueous Solution by Thermal Proteinoids". Nature, 203: 1362-1364.
- 420.- Fox, S., Mc. Cauley, R., Wood, A. 1967. "A Model of Primitive Heterotrophic Proliferation". Comp. Biochem. Physiol., 20: - 773-778.
- 421.- Hsu, L. 1972. "Conjugation of Proteinoid Microspheres: A Mode of Primordial Recombination". In: MOLECULAR EVOLUTION: Prebiological and Biological. (D. Rohlfing, A. Oparin (eds.)). Plenum-- Press. Co. N.Y.:371-378.
- 422.- Mueller, G. 1972. "Hydrothermally Associated Organic Microspheres". In: MOLECULAR EVOLUTION: Prebiological and Biological. - (D. Rohlfing, A. Oparin (eds.)). Plenum-Press. Co. N.Y.:379-397.

- 423.- Hargreaves, W., Deamer, D. 1978b. "Liposomes from Ionic, -- Single-Chain Amphiphiles". Biochem., 17:3759-3768.
- 424.- Shat1, D. 1972. "The Origin of Membranes and Related Surface Phenomena". In: EXO BIOLOGY. (C. Ponnampertuma (ed.)). North-Holland Publishing Company. Co. Amsterdam:235-265.
- 425.- Margulis, L. 1971. "Symbiosis and Evolution". Sci. Am., 225 (2):48-57.
- 426.- Meinschein, W. 1965. "Souda Formation: Organic Extracts of Early Precambrian Rocks". Science, 150:601-605.
- 427.- Barghoorn, E., Meinschein, W., Schopf, J. 1965. "Paleobiology of a Precambrian Shale". Science, 148:461-472.
- 428.- Nagy, B., Nagy, L.A. 1969. "Early Precambrian. Onverwacht - Microstructures: Possibly The Oldest Fossils on Earth?". Nature, 223: 1226-1229.
- 429.- Barghoorn, E., Schopf, J. 1965. "Microorganisms from the -- Late Precambrian of Central Australia". Science, 150:337-339.
- 430.- Barghoorn, E., Tyler, S. 1965. "Microorganisms from the Gun flint Chert". Science, 147:563-577.
- 431.- Engel, A., Nagy, B., Nagy, L.A., Engel, C., Kremp, G., Drew, Ch. 1968. "Alga-Like Forms in Onserwacht Series, South Africa: -- Oldest Recognized Life Like Forms on Earth". Science, 161:1005- - 1008.
- 432.- Schopf, J., Barghoorn, E., Maser, M., Gordon, R. 1965. "E-- lectron Microscopy of Fossil Bacteria Two Billion Years Old". - - Science, 149:1365-1367.

433.- Schopf, J., Barghoorn, E. 1967. "Alga-Like Fossils from the Early Precambrian of South Africa". Science, 156: 508-512.

434.- Pleasant, L., Ponnamperna, C. 1980. "Chemical Evolution - and the Origin of Life". Origins of Life, 10 (1):69-87.

435.- Lazcano-Araujo, A. 1977. "La Vida en el Universo". En: EL - ORIGEN DE LA VIDA. (A. Lazcano-A. (ed.)). Edicol-Anuies. Co. Méx.: 105-122.

436.- Sagan, C. 1980. "El Calendario Cósmico" En : LOS DRAGONES - DEL EDEN. (C. Sagan (ed.)). Grijalbo, S.A. Co. México.

INDICE

CAPITULO I : "ANTECEDENTES HISTORICOS"

CONCEPTO DE VIDA.....	1
EL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS.....	2
ORIGEN COSMOGONICO.....	12
ORIGEN DE LA VIDA.....	20
Aparición de Moléculas Simples.....	22
Formación de la "Sopa Primitiva".....	25
Formación de Macromoléculas y Microagregados.....	26

CAPITULO II: "ORIGEN DE LOS ELEMENTOS"

LOS PRIMEROS ELEMENTOS QUIMICOS.....	32
LAS PRIMERAS MOLECULAS SIMPLES.....	44
Origen del Hidrógeno.....	46
Origen del Metano.....	47
Origen del Amoniaco.....	50
Ac. Sulfhídrico.....	52
Ac. Cianhídrico, Cianógeno y Cianamida.....	53
Origen del Agua.....	54

CAPITULO III: "ORIGEN DE LAS BIOMOLECULAS"

MODELOS Y METODOS DE INVESTIGACION.....	64
Modelos Bioquímicos.....	64
Generalidades de las Reacciones.....	66
Mecanismos de Reacción.....	68
Métodos de Investigación y Análisis.....	72
ORIGEN DE LA SINTESIS ORGANICA.....	74
Aldehidos, Cetonas, Acidos y Moléculas Nitrogenadas....	77
Moléculas Cíclicas.....	86
Síntesis de Amino Acidos.....	90
Azúcares.....	111
Bases Púricas y Pirinídicas.....	113
Moléculas de Alta Energía.....	121

CAPITULO IV: "ORIGEN DE LAS MACROMOLECULAS"

EL AMBIENTE PRIMITIVO.....123
 La Atmósfera.....123
 La Hidrósfera.....128
BIOMOLECULAS COMPLEJAS.....133
LAS MACROMOLECULAS.....141

CAPITULO V: "ORIGEN DE LOS SISTEMAS PRE-CELULARES"

SULFOBIO Y COLPOIDES.....169
COACERVADOS.....172
MICROESFERAS PROTEINOIDES.....179
LIPOSOMAS.....183
RESUMIENDO.....186

TABLAS.....189

CITAS BIBLIOGRAFICAS.....211

AGRADECIMIENTOS

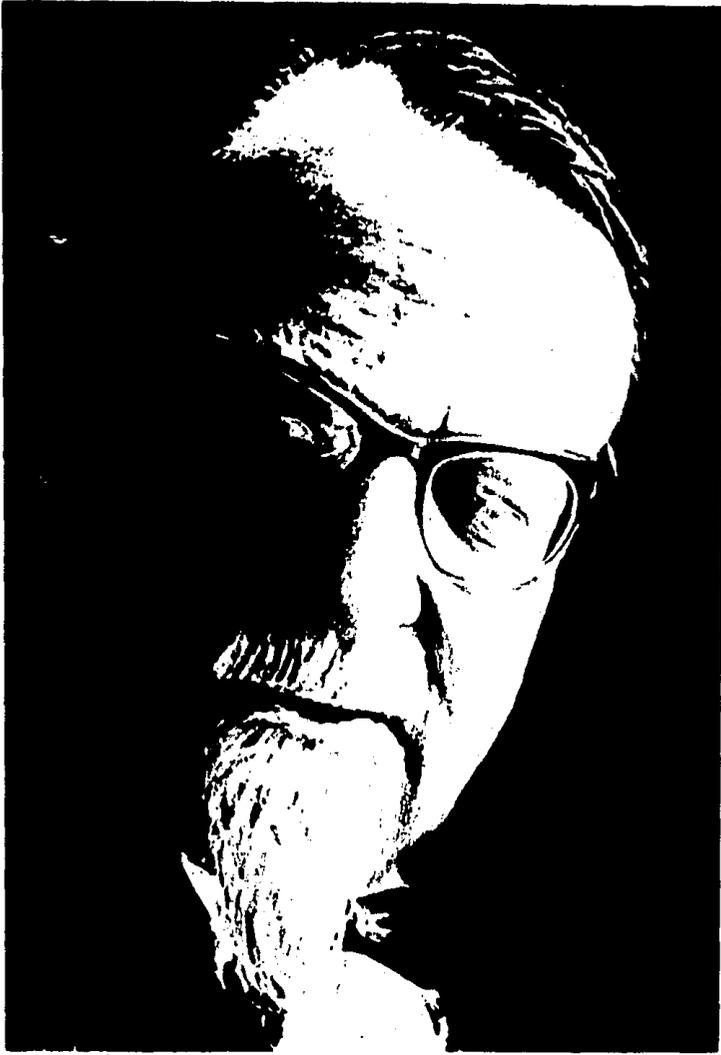
AGRADECIMIENTOS A INSTITUCIONES:

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química UNAM
Facultad de Medicina UNAM
Facultad de Ciencias UNAM
Instituto de Química UNAM
Instituto de Física UNAM
Instituto de Astronomía UNAM
Instituto de Investigaciones Biomédicas UNAM
Centro de Estudios Nucleares UNAM
Centro de Información Científica y Humanística UNAM
CONACYT
Sociedad Astronómica de México
Ciencia Cultura y Bosques A.C.
Sala Chopin

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

Nartha Mendiola
Margarita Mendiola
Salvador Mendiola
J. Luis Martínez G.
Alberto Ramos G.
Antonio Lazcano-A.
Alicia Negrón
Paulina Castro
Dolores Lastra
Magdalena Oliva
Nilda Navarro
Alicia Venitez
Luis F. Abreu
Fam. Carrona
Fam. Romo de Vivar
Walter Lenz
A todo el personal de las Bibliotecas de las
Instituciones antes mencionadas.

"IN MEMORIAM"



ALEXANDER IVANOVICH OPARIN
(1894-1980)

*Mientras la ciencia a descubrir no alcance
las fuentes de la vida,
mientras la humanidad, siempre avanzando
no sepa a dónde camina;
mientras haya un misterio para el hombre,
que el cálculo resista...
...todos seremos copínidu sin nombre,
indefinible esencia,
que vive con la vida, sin forma de la idea.*

G. A. Décquer

