

II. SURGIMIENTO Y GRANDES RASGOS DE LA EVOLUCION DE LA VIDA.

4. Origen y grandes rasgos de la evolución de la vida. Moléculas y el origen de la vida.

Evolución química, prebiótica, teorías y experimentos relevantes (Oparín, Haldane, Miller-Urey).

•En su formación, hace 4600 millones de años la tierra era muy caliente, muchos meteoritos se estrellaban contra ella, y la energía cinética de esta materia extraterrestre se convertía en calor.

•Los rayos de las tormentas, el calor de los volcanes (en forma endógena) y partículas de alta energía y luz ultravioleta procedente del sol derramaban energía en la los jóvenes mares

ATMÓSFERA

La mayor parte de la atmósfera primitiva se perdía en el espacio exterior (fuerzas gravitacionales eran aún muy débiles para retenerlos).

Posteriormente a partir de gases desprendidos por los volcanes se habría formado una atmósfera secundaria diferente a la actual.

El agua habría emanado de los géiseres en forma de gaseosa, habría permanecido en la atmósfera como vapor de agua, con el descenso de la temperatura se habrían condensado, se habrían formado los océanos calientes.

En base a la composición química de las rocas de esa época, se cree que la atmósfera primitiva secundaria contenía:

- Monóxido y Dióxido de Carbono
- Metano
- Amoníaco
- Hidrógeno
- Nitrógeno
- Ácido clorhídrico
- Sulfuro de hidrógeno
- Vapor de agua

NO HABÍA OXÍGENO LIBRE

Tipo de gases y sustancias presentes en la atmósfera primitiva secundaria y en los mares es tema controversial actualmente

- Hay acuerdo
- 1) Había muy poco o nada de oxígeno presente.
- 2) los cuatro elementos (hidrógeno, oxígeno, carbono y nitrógeno) estaban disponibles en alguna forma en la atmósfera y en las aguas de la tierra primitiva.

Origen de la vida: Células fosilizadas de más de 3.800Ma de antigüedad

- Perspectiva que distingue a la células vivas de otros sistemas químicos.
 - a) capacidad de duplicarse
 - b) presencia de enzimas (reacciones químicas)
 - c) la presencia de membranas, separación con el ambiente que la rodea

¿Cómo surgieron estas características?

¿Cuál de ellas apareció primero e hizo posible las otras?

Muchos trabajos sobre el origen de la vida

Primer conjunto de hipótesis verificables acerca del origen de la vida fue propuesto

Bioquímico ruso Alexander Oparin y por el Inglés John Haldane (Inglaterra) (1930) (trabajaban independientemente)

El origen de la vida estuvo precedida por un largo periodo denominado evolución química

Oparin y Haldane, proponían en el año 1930, que la atmósfera inicial de la tierra era reductora y contenía: CH₄, CO₂, CO, N₂, H₂, O y NH₃, vapor de H₂O (sin O₂) .

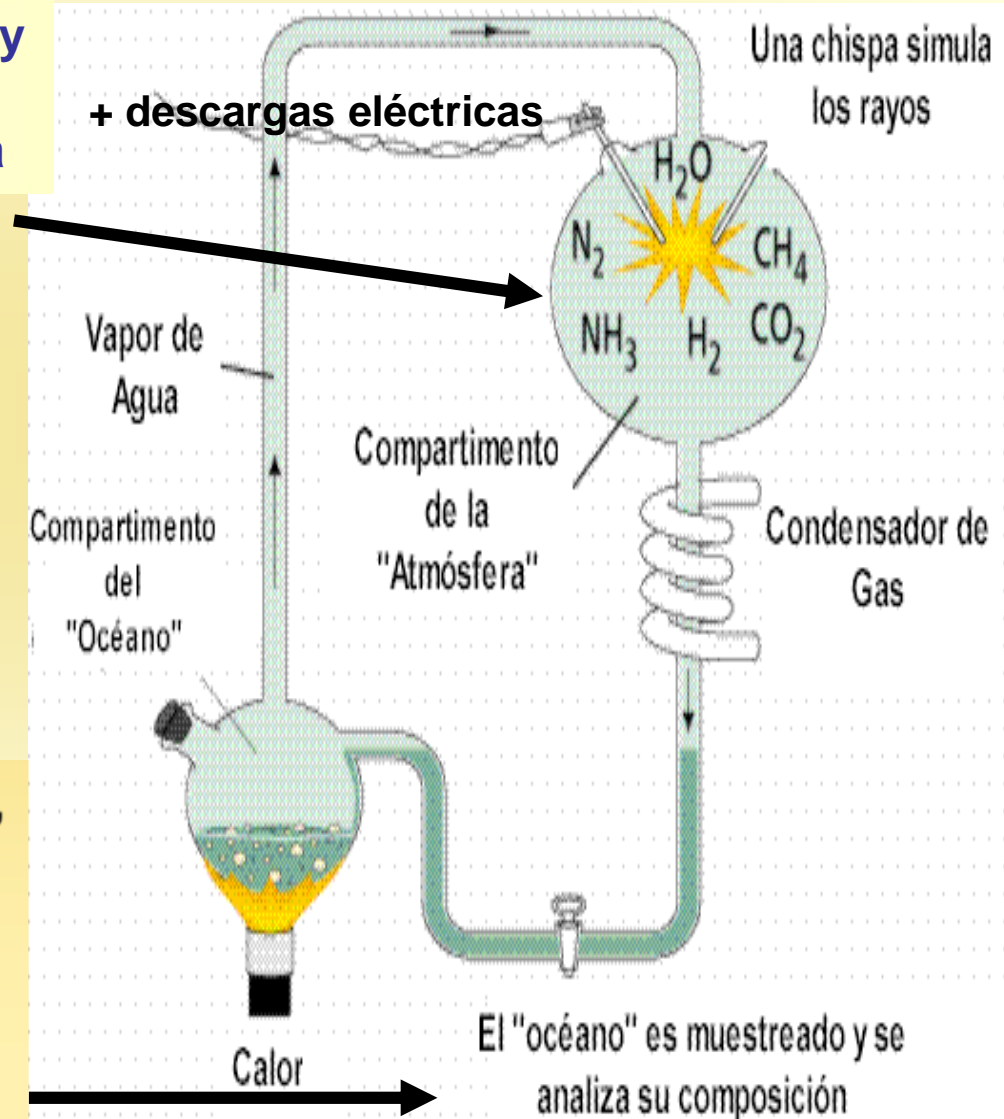
(esto gases sometidos a las condiciones primitivas de la tierra, habrían permitido que se sintetizaran las primeras moléculas orgánicas simples (aminoácidos...). Moléculas prebióticas pequeñas

Stanley Miller (estud.de Posgrado), en el año 1953 realizó una serie de experimentos (Lab. de Urey-Chicago). Simulando condiciones atmosférica de la Tierra primitiva, a partir de gases simples, sí era posible a posteriori la formación de moléculas orgánicas

presumieron, de acuerdo con Oparin y Haldane (1930), que la atmósfera terrestre primitiva estaba compuesta

obtuvieron en 1 semana

glicina y alanina, ácidos carboxílicos, aldehídos . En menor cantidad a-amino isobutírico, valina, norvalina, isovalina, ácido aspártico, ácido glutámico, prolina, b- alanina y ácido amino butírico.



(Evolución Química- etapa)

Estos gases se encontrarían en la atmósfera primitiva, en condiciones de altas temperaturas combinadas con descargas eléctricas.

El nitrógeno se pudo combinar con hidrógeno para dar NH_3 .

A partir de CO_2 y N_2 se habría producido ácido cianhídrico $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$

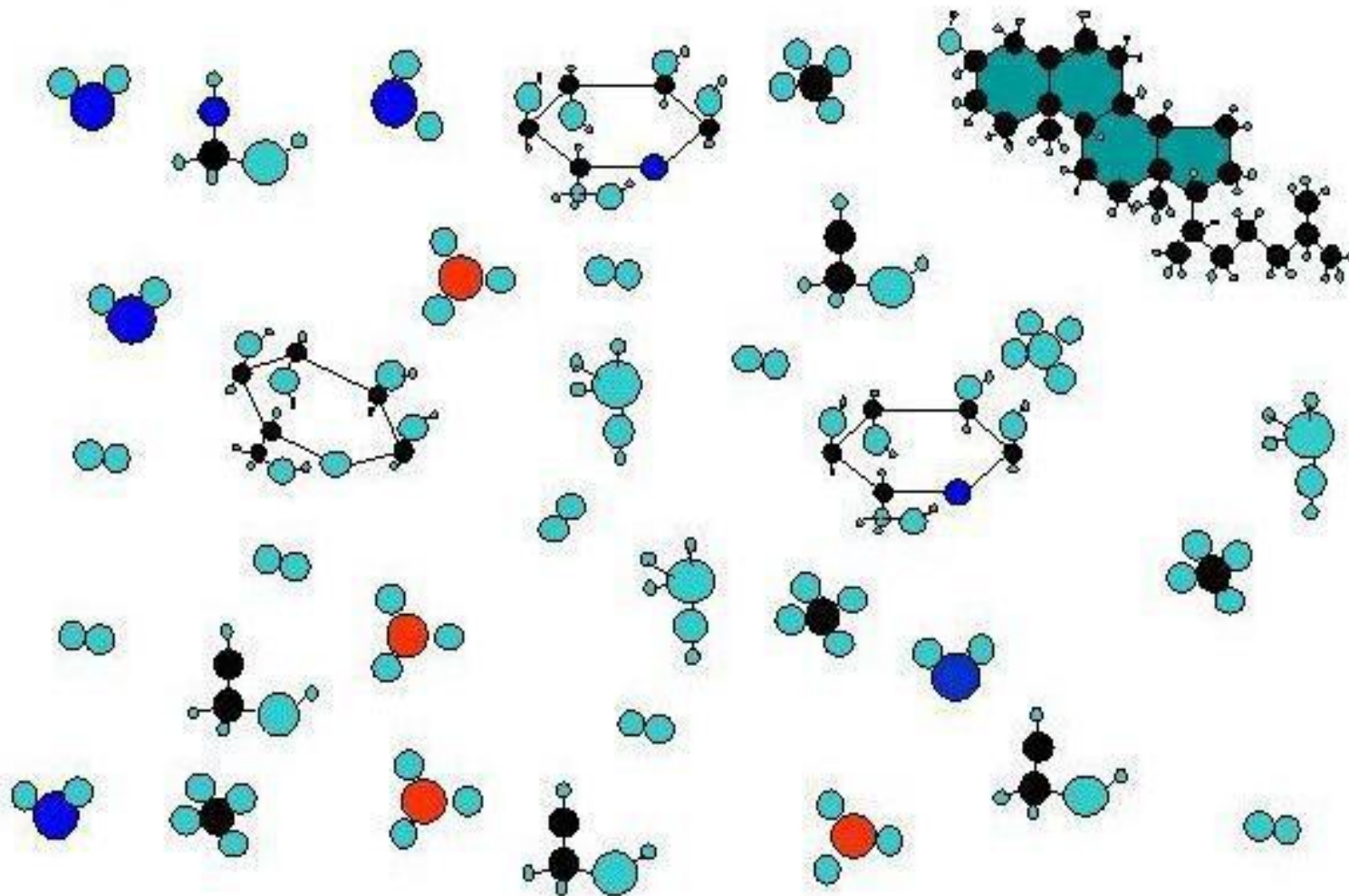
Y otros ácidos orgánicos simples que luego se disolvieron en el agua aún recalentada.

A medida que descendió la temperatura, se fueron formando al azar otras sustancias necesarias para la eventual formación de las primeras moléculas

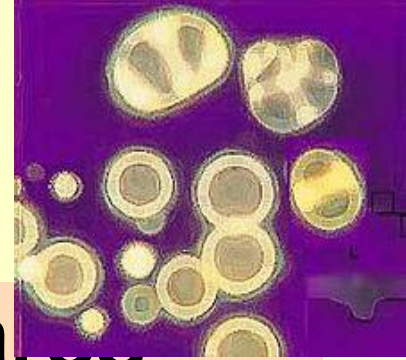
aspartato, lactato, glicina, ribosa, adenina y glucosa, alanina, valina, ácido glutámico.

Ladrillos de la vida

Azúcares, grasas simples, aminoácidos y otras moléculas orgánicas sencillas, que reaccionan entre sí para formar moléculas orgánicas más complejas.



Evolución prebiológica – etapa (*Oparin*)



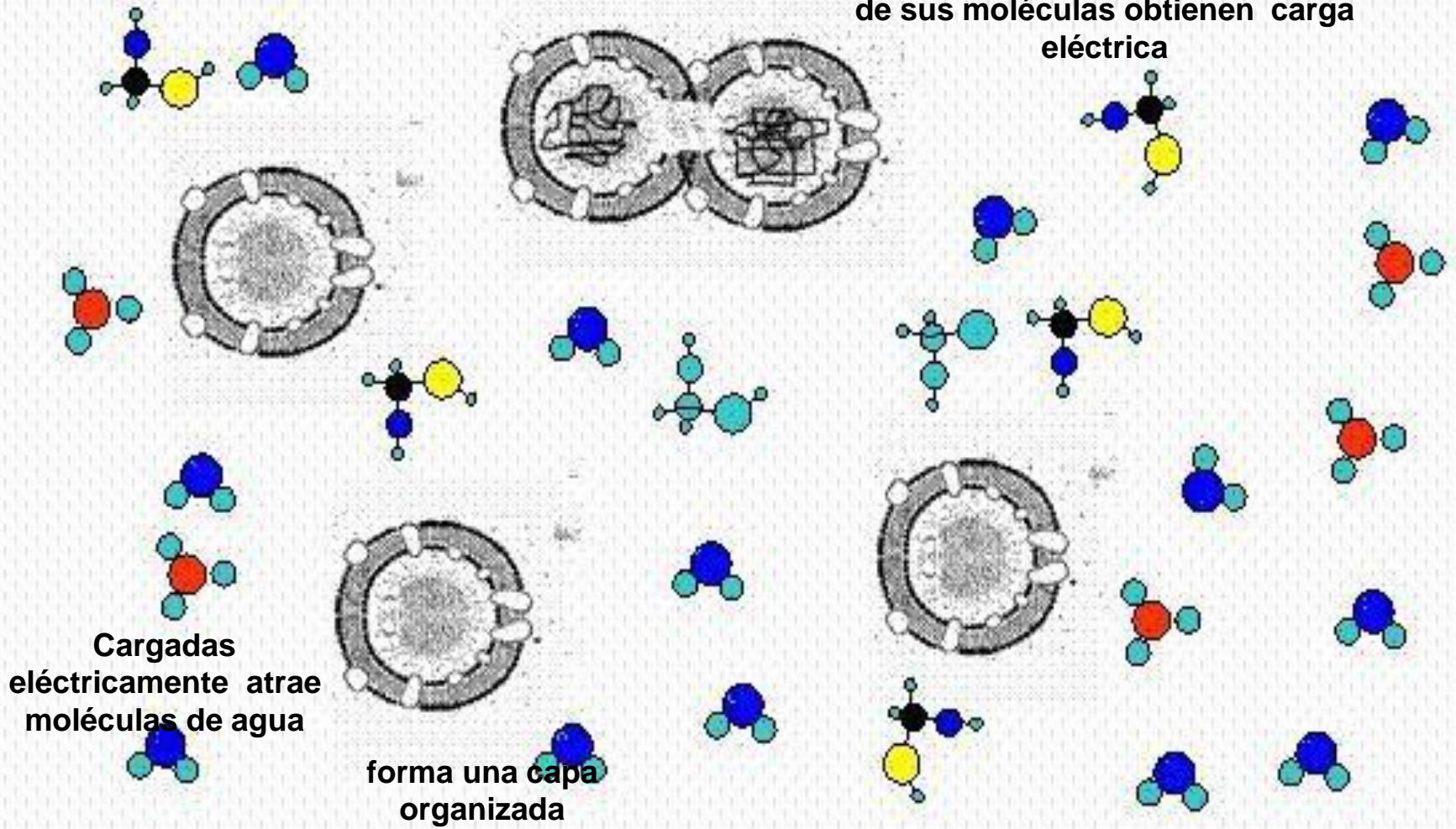
- **Explica las formas precelulares utilizando un modelo (coacervados-sistema coloidales) ...**
- **agregados plurimoleculares, gotas diminutas de materia orgánica**
(formadas en condiciones acuosas),
- **capaces de intercambiar materia y energía con el ambiente**
(metabolismo sencillo)

A los sistemas pre-celulares - prebiológicos, Oparin los llamo
PROTOBIONTES

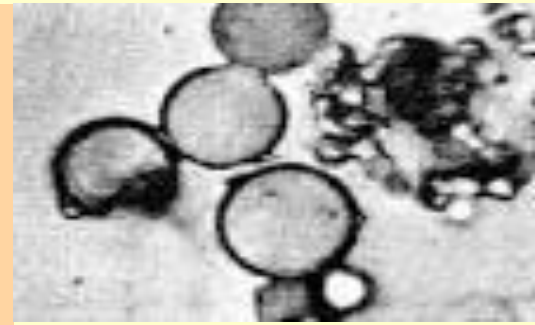
**Estructuras moleculares que
pudieron haber evolucionado
para dar origen a precursores
de vida celular**

Coacervados en el océano primitivo

Proteínas se disuelven en agua, parte de sus moléculas obtienen carga eléctrica



Modelos alternativos, como el de Sidney W. Fox que obtuvieron estructuras proteicas limitadas por membranas (pequeñas gotas del tamaño de una célula bacteriana), a los que llamó *microesferas*



gemación

formadas por agregados de proteínoides que obtuvieron su origen al polimerizarse los aminoácidos por efectos del calor.

Cairn- Smith (1980): sugieren la formación de polímeros, estructuras semejantes a los coacervados de Oparin o las microesferas proteínoides de Sidney, podría haber ocurrido en las superficies minerales de las arcillas

Las arcillas, habrían actuado como una matriz de cristales de silicato (plataforma de replicación) sobre la que se habrían ensamblado los monómeros de los ácidos nucleicos, polipéptidos y polisacáridos.

Según esta hipótesis, algunos cristales pueden autorreplicarse, fracturándose en microcristales más pequeños.

Así, la arcilla, por fracturación y el bajo riesgo de absorber agua, habría podido capturar moléculas orgánicas, posibilitando la transferencia, en las fragmentaciones, de un primitivo código genético (no explica cómo)

Carl Sagan junto a otros investigadores, añadieron adenina a una solución de ribosa y en presencia de luz ultravioleta consiguieron la formación de un enlace entre la adenina y la ribosa para obtener adenosina.

•En 1968, Sánchez, Kimble y Orgel, por descarga eléctrica a través de una mezcla de CH_4 y N_2 , formaron (cianoacetileno)



se convierte

facilm. citosina y uracilo

PROTOBIONTE- (Precelulares)

–se consideran precursores de la vida celular.

Evolución prebiológica

Es un agregado de moléculas producidas de forma abiótica, rodeado por una estructura membranosa.

Poseen propiedades que se asocian con la vida: crecimiento, metabolismo, excitabilidad, así como el mantenimiento de un medio químico interno diferente del exterior

Algunos científicos piensan que la atmósfera primitiva no era tan reductora.....

Otras hipótesis para la producción de sustancias
PREBIÓTICAS

EN FRACTURAS SUBMARINAS (géiseres) DE LA CORTEZA TERRESTRE: sale agua a altas temperaturas y rica en metales que en presencia de energía se podría obtener moléculas orgánicas (sulfuro de hierro?)

Las hipótesis anteriores parten del principio de que las moléculas de las que eventualmente surgieron los seres vivos se formaron directamente en el ambiente de la tierra primitiva

ORIGEN EXTRATERRESTRE

Las condiciones utilizadas en el experimento de Miller existen en muchas partes del espacio.

Según François Robert, en el espacio se formaron y forman continuamente moléculas orgánicas. Se ha detectado la presencia de HCN en la gran nebulosa de Orión y en otras regiones del espacio. Pero quizás las evidencias más convincentes provienen del análisis de meteoritos.

En meteoros carbonáceos se encontraron:

aa, bases purínicas : A, G

En regiones de formación estelar se encontraron:

**Agua, amoníaco, formaldehído,
cianuro de hidrógeno**

(1990 Christopher Chyba)

La vida como proceso exógeno

En el examen del Cometa Halley, realizado por la sonda Giotto se detectó la presencia de querógeno, etano y metano



Cometas
y condritas

Materia orgánica en el meteorito Orgueil

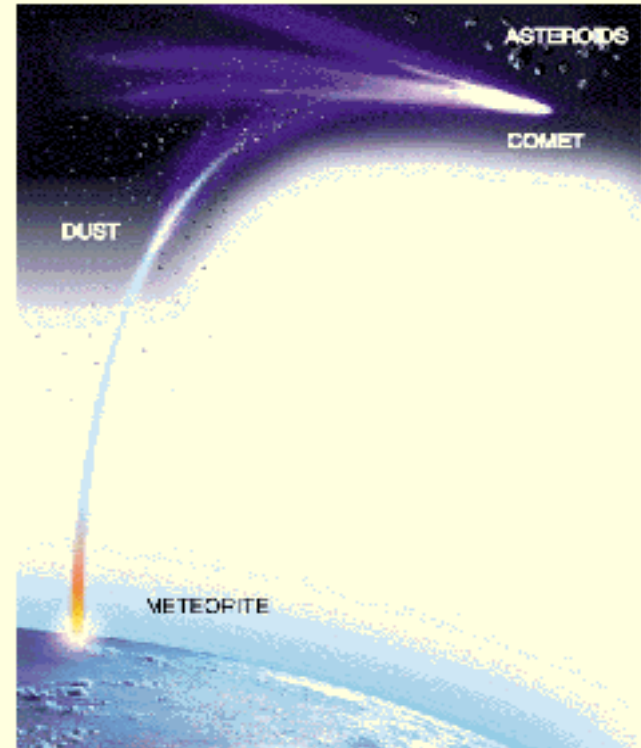
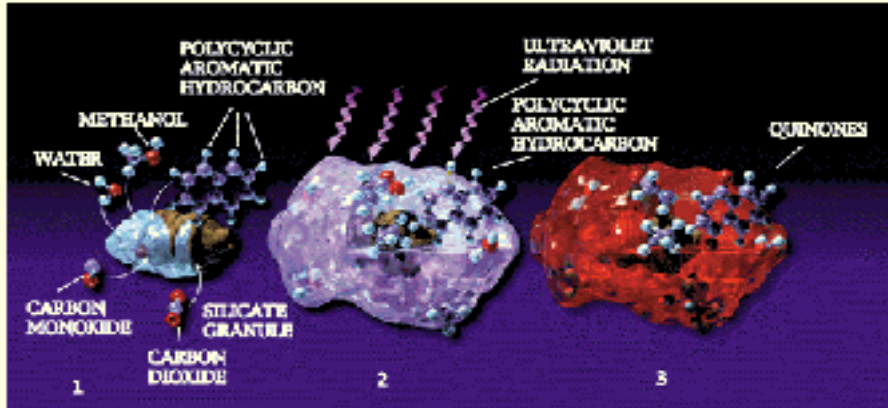


ALH84001 (meteorito con escombros rocosos). Es un **meteorito** de origen marciano proviene de **Allan Hills**, el área **antártica** donde fue encontrado. El análisis de otros muchos **meteoritos** hallados en la **Antártida** no aporta evidencias de **fósiles** bacterianos, moléculas orgánicas ni otros ...

¿Panspermia ?

Panspermia

TEORÍA



La Panspermia es una hipótesis que propone que la vida puede tener su origen en cualquier parte del universo, y no procede directa ni exclusivamente de la Tierra, que probablemente la vida en la Tierra proviene del exterior y que los primeros seres vivos habrían llegado posiblemente en meteoritos o cometas desde el espacio a la Tierra.

(Svante August Arrhenius).

TEORÍAS SOBRE ORIGEN DE LA VIDA

- ❖ La vida surge tan pronto como tiene oportunidad

Decimos que cuando se den gases como N_2 , CH_4 , CO_2 y H_2 y exista una fuente de energía se forman aa, glucosa, nucleótidos, etc

Estos gases se encuentran en muchos partes del universo

Por consiguiente, se puede suponer que en la tierra primitiva se produjeron estas moléculas prebióticas

Pero también contribuyeron a la producción aquellas que cayeron a la tierra provenientes del espacio exterior.

Síntesis!

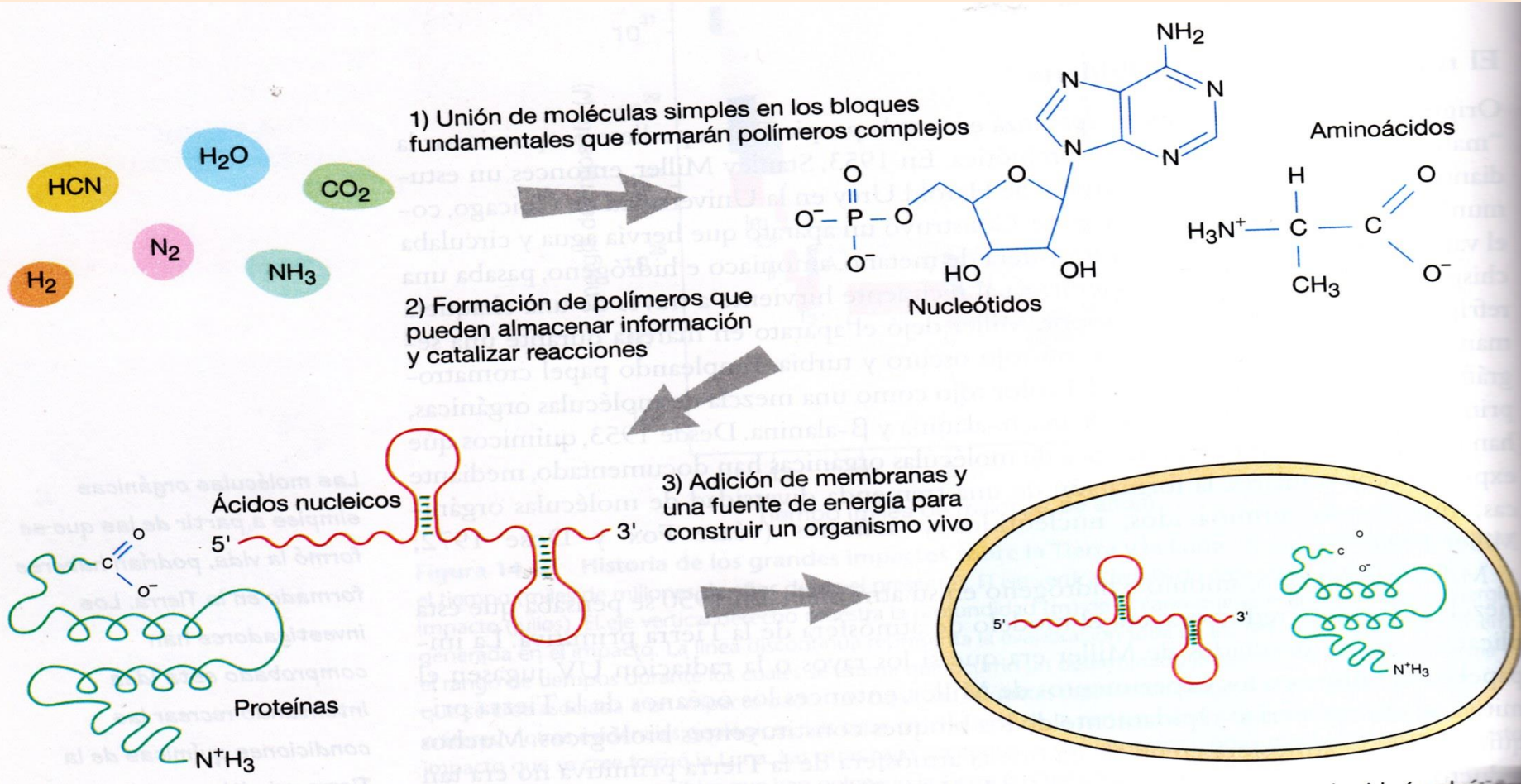
- La composición exacta de la “atmósfera que se utiliza en estos experimentos carece de importancia, siempre y cuando contenga: C, H y N y se excluya al O₂ libre.
- Diversas fuentes de energía, como la luz ultravioleta, descargas eléctricas y el calor, son igual de eficaces en general.
- Por ello, es indudable que se sintetizaron moléculas orgánicas en la tierra primitiva.
- Además, otras moléculas orgánicas llegaron probablemente del espacio, en meteoritos y cometas.

Origen de la vida

Tierra primitiva : procesos químicos y físicos, ayudados por las fuerza de la selección produjeron CÉLULAS SENCILLAS

- ❖ La síntesis abiótica de pequeñas moléculas orgánicas, como los aminoácidos y los nucleótidos
- ❖ La unión de estas pequeñas moléculas (monómeros) en polímeros (proteínas y los ácidos nucleicos)
- ❖ La envoltura de estas moléculas para dar “protobiontes” gotas con membranas que tenían una química interna diferente de la de sus alrededores.
- ❖ El origen de moléculas autorreplicantes, que, en última instancia, posibilitaron la herencia.

Diagrama



VIDA

Perspectiva Bioquímica

Tres características distinguen a las células vivas de otros sistemas químicos:

- 1) Capacidad para duplicarse generación tras generación
- 2) La presencia de enzimas, proteínas complejas esenciales para las reacciones químicas del metabolismo
- 3) Una membrana que separe a la célula? del ambiente circundante (identidad)

Varios modelos

Muchas controversias aún sin dilucidar

La comunidad científica no adhiere a un único modelo explicativo

Varios modelos coexisten

Las hipótesis de los **coacervados**, como el de las **microesferas proteinoideas**, o como el de las superficies minerales de las arcillas **son limitadas** no explican la función fundamental de los seres vivos.

La capacidad de acumular información genética y de producir copias de su propia estructura que se transmitan a la descendencia

Todos los biólogos acuerdan en que la **forma ancestral de vida necesitaba un *rudimentario manual de instrucciones*** que pudiera ser copiado y transmitido de generación en generación, dado que si no se transmite la información, es imposible que haya **evolución**.

¿Quién surgió primero?

Es improbable que el DNA y las proteínas hayan surgido en el mismo lugar y en el mismo momento

Es también improbable que pueda existir el uno sin las otras.

Por su parte el RNA, que transporta la información para la síntesis de proteínas, se copia a partir del DNA

Propuesta en las últimas décadas es que el RNA habría sido el primer polímero en realizar las tareas que el DNA y las proteínas llevan a cabo actualmente en las células.

Los trabajos de **T. Cech y S. Altman** (científicos norteamericanos), (1980), apoyaron esta hipótesis.

Descubrieron pequeñas enzimas que podían romper y reorganizar el esqueleto químico de los ácidos nucleicos

Enzimas que no estaban hechas de proteínas, sino de ácido nucleico específicamente, RNA

Comprobaron que determinadas secuencias de nucleótidos del RNA eran capaces de CATALIZAR algunas reacciones que cortaban y reempalmaban ciertas regiones de su propia secuencia.

(Hace 20 años se descubrió que ciertos tipos de ARN pueden actuar como enzimas, catalizando reacciones químicas)

El RNA podía comportarse como una enzima

Cech bautizó a ese **RNA** como **RIBOZIMA**

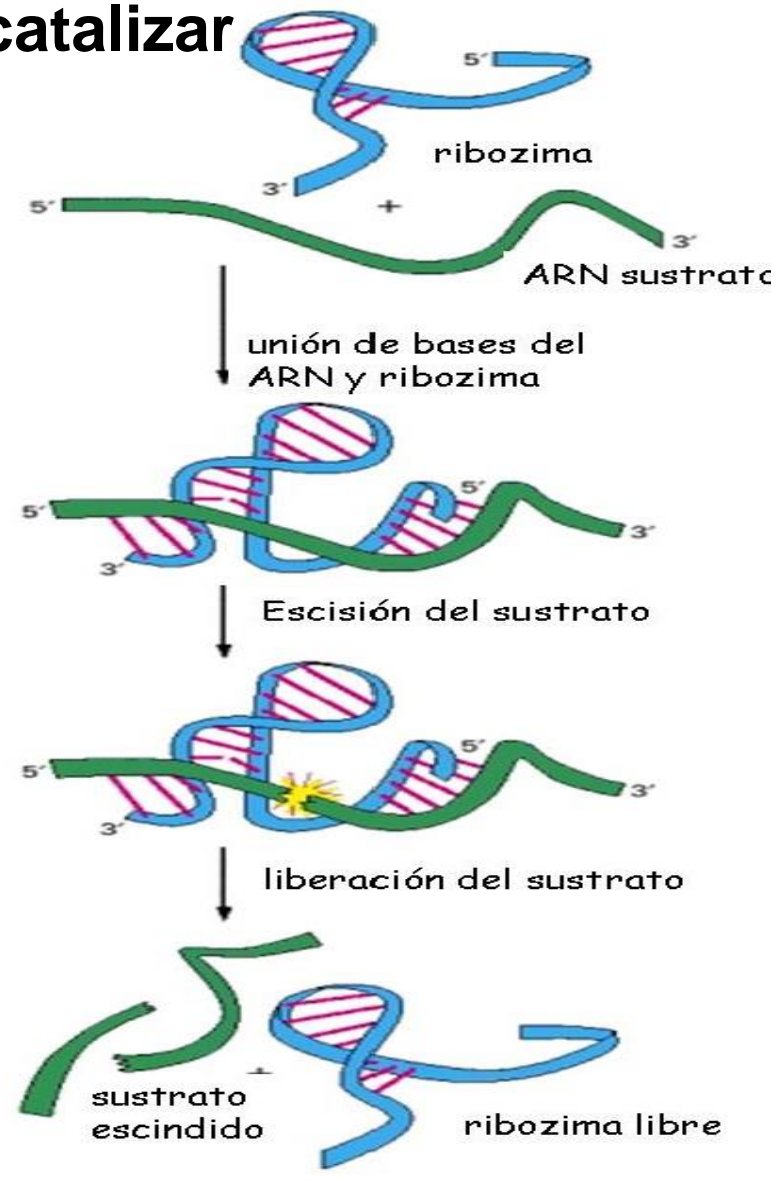
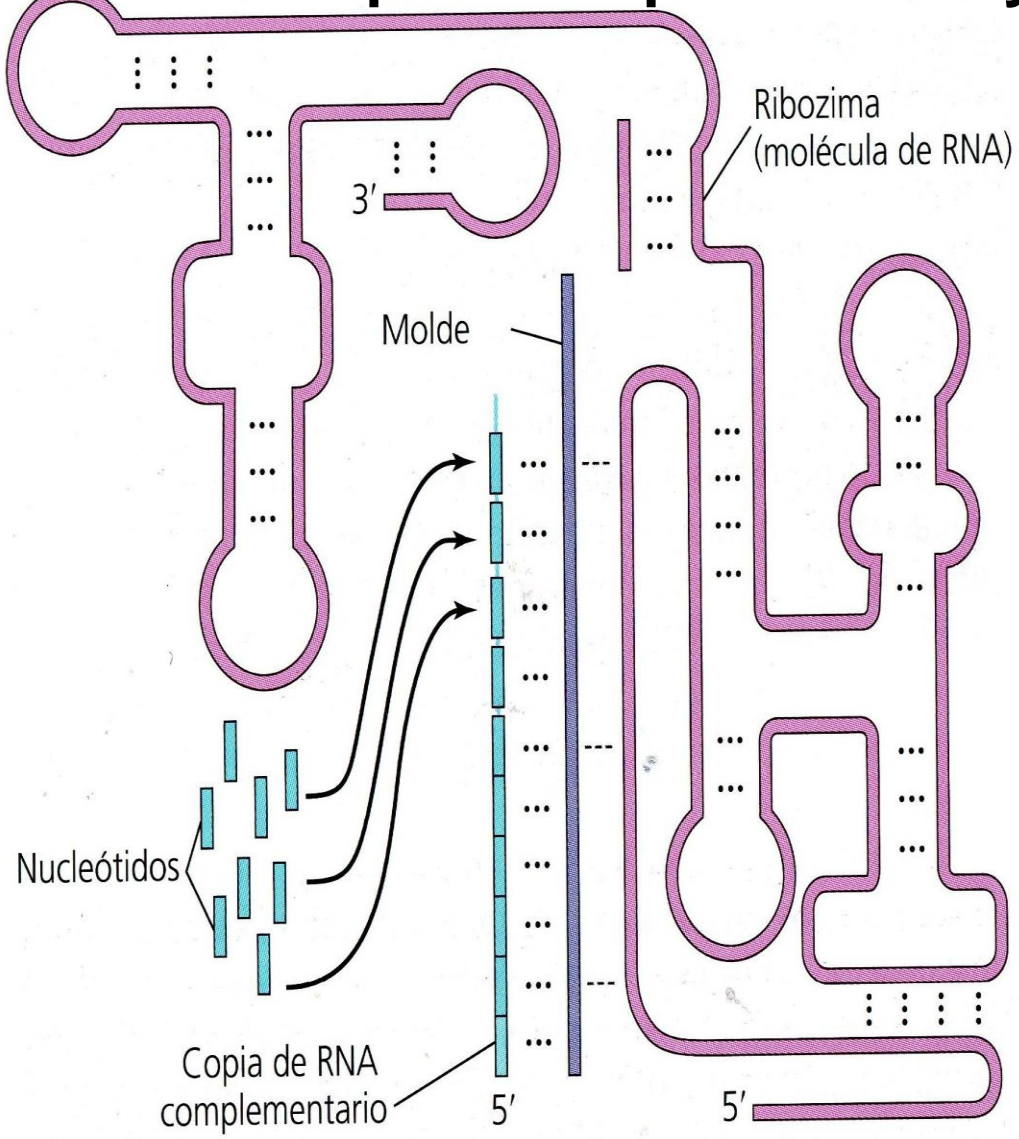
Entre las reacciones catalizadas por el RNA figuraba su propia duplicación (el RNA sería capaz de copiarse a sí mismo).

El RNA es una molécula sencilla que puede plegarse, sobre sí misma(ribozimas), este estado plegado puede tener un sitio activo que permite a la molécula de RNA catalizar una reacción química sobre un sustrato, al igual que hacen las proteínas.

Propusieron modelos explicativos acerca de cómo habría aparecido una inmensa variedad de RNA, por errores de copia en su duplicación

y cómo, posteriormente, las moléculas de RNA pasaron a ejercer control sobre la síntesis de proteínas.

Ribozima capaz de replicar RNA y catalizar



Esta molécula de RNA puede sintetizar una copia complementaria de otro segmento de RNA (un molde) que contenga + de catorce nucleótidos

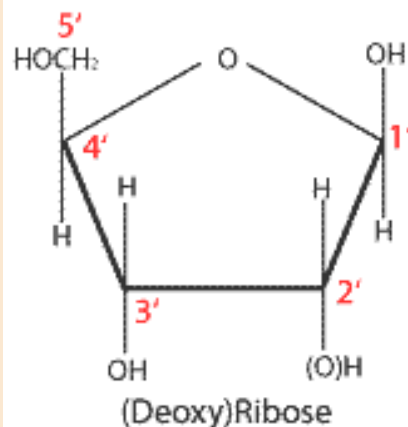
En una etapa ulterior, las proteínas habrían reemplazado al RNA en la función de acelerar las reacciones químicas.

Mediante un proceso aún no esclarecido

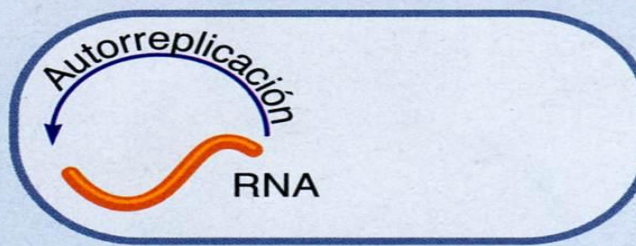
La función de almacenar la información genética habría

sido transferida del **RNA** al **DNA**

(que es menos susceptible a la degradación química)

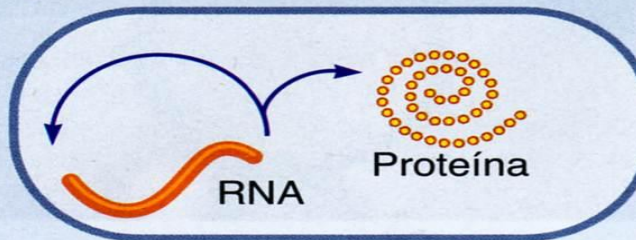


Sistemas basados en RNA



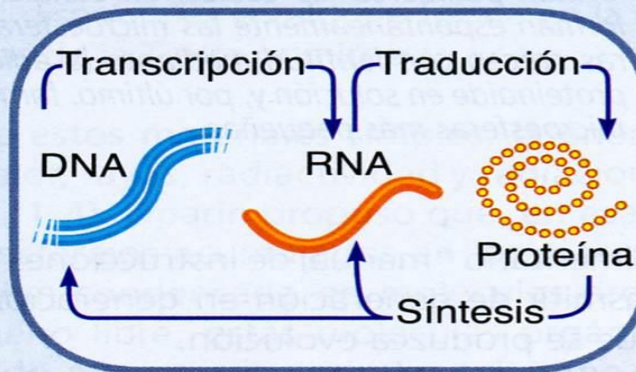
RNA autorreplicante

Sistemas basados en RNA y proteínas



El RNA autorreplicante controla y sintetiza proteínas

Células actuales



Evolución de nuevas proteínas (enzimas) que sintetizan DNA que a su vez, produce copias de RNA

Ensamble molecular durante la evolución temprana de la vida

El RNA podría copiarse a sí mismo a partir de sus propios componentes

Las proteínas habrían reemplazado al RNA en la función de acelerar las reacciones químicas, pero no son capaces de portar información genética

Este papel lo realizan los ácidos nucleicos, en general el DNA.

El DNA necesita de las proteínas para replicarse y, a su vez, las proteínas necesitan de la información que provee el DNA para sintetizarse.

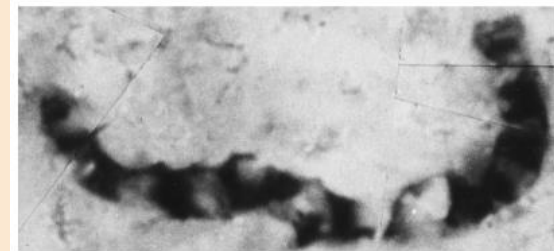
Pero, ¿acaso sucedió todo eso?

Los investigadores discrepan en si la vida surgió en:

- Aguas estancadas.
- El mar.
- Películas de humedad sobre la superficie de trozos de arcilla o de pirita de hierro.
- Respiraderos muy calientes de las profundidades marinas.
- El espacio y luego llegó a la tierra.



(a)



(b)



10 μm

(c)

El “mundo del RNA” y los comienzos de la selección natural

- Los investigadores, propusieron modelos explicativos acerca de cómo habría aparecido una inmensa variedad de RNA por errores de copia en su duplicación
- y cómo, posteriormente, las moléculas de RNA pasaron a ejercer control sobre la síntesis de proteínas.

- **Se ha observado que la selección natural actúa a nivel molecular en poblaciones de RNA**
- Las moléculas de RNA monocatenarias asumen una variedad de **formas tridimensionales** específicas determinadas por sus secuencias nucleotídicas.

La molécula así formada tiene: un genotipo (su secuencia nucleotídica) y un fenotipo (su conformación) que interactúa con las moléculas circundantes de forma específica).

- **A partir de una diversidad de moléculas de RNA que deben competir por los monómeros para replicarse, prevalecerá la secuencia mejor adaptada a la temperatura, a la concentración salina y a otros rasgos de la solución circundante, y que tenga mayor actividad autocatalítica.**

- **Debido a los errores de copia, sus descendientes no serán una especie de un único RNA, sino que será una familia de secuencias cercanamente emparentadas.**

La selección proyecta mutaciones en la secuencia original
y,

ocasionalmente, se produce un error de copia en una
molécula que se pliega para dar una forma que es incluso
más estable

o más proclive a la autorreplicación que la secuencia
ancestral.

En la Tierra primitiva pueden haberse producido sucesos de selección similares

- Así, la biología molecular de hoy en día puede haber ido precedida de un “mundo de RNA”,
en el cual, pequeñas moléculas de RNA, portadoras de información genética, fueron capaces de replicarse y almacenar información sobre los protobiontes que las portaban.

Freeman Dyson, (Univ. de Princeton), ha sugerido que las primeras moléculas de DNA pueden haber sido secuencias cortas similares a los virus

- y que estas secuencias fueron asistidas en su replicación por polímeros de aminoácidos aleatorios que poseían capacidades catalíticas rudimentarias.
- Quizás, esta replicación temprana se produjo dentro de los protobiontes que habían acumulado grandes cantidades de monómeros orgánicos.

- Si algunas de estas moléculas de RNA también habrían podido mantener algunos aminoácidos juntos como para conectarse y formar péptidos (de hecho, ésta es la función del rRNA en los ribosomas modernos, los sitios celulares de la síntesis de proteínas.)
- **Algunos de estos péptidos pudieron funcionar como enzimas, ayudando a que se repliquen las moléculas de RNA.**

Un protobionte con RNA catalítico autorreplicante diferiría de sus muchos vecinos que no transportaban RNA o que transportaban RNA sin estas capacidades

- Si ese protobionte pudo crecer, dividirse y transmitir sus moléculas de RNA a sus hijos, los hijos tendrían algunas de las propiedades de su progenitor.
- Aunque el primero de estos protobiontes solo debe haber transportado cantidades limitadas de información genética que codificaba unas pocas propiedades, poseía capacidad de herencia y podría haber sido efectivo por medio de la selección natural.

El más eficaz de estos protobiontes se habría incrementado en número porque eran capaces de explotar sus recursos y transmitir sus capacidades a las generaciones posteriores

- Los que poseían una capacidad limitada para la herencia habrían tenido una enorme ventaja sobre el resto.

Una vez que las secuencias de RNA que portaban información genética aparecieron en los protobiontes, fueron posibles muchos cambios ulteriores.

- Por ejemplo, el RNA podría haber proporcionado el molde sobre el cual se ensamblaron los nucleótidos de DNA.
 - El DNA bicatenario es un depósito de información genética mucho más estable que el más frágil RNA monocatenario, y pudo replicarse con mayor precisión.

- La replicación exacta se transformó en una necesidad (genomas cada vez más grandes a través de la duplicación génica).
- Después de la aparición del DNA, quizás las moléculas del RNA (comenzaron a incorporar sus papeles modernos) intermediarios en la traducción de programas genéticos, y el “mundo del RNA” dio paso al “mundo del DNA”

En síntesis, las proteínas habrían reemplazado al RNA en la función de acelerar las reacciones químicas.

Y

La función de almacenar la información genética habría sido transferida del **RNA** al **DNA**

(que es menos susceptible a la degradación química)

Escenario listo para generar por selección natural la diversidad biológica