

TEMA 1. EL ORIGEN DE LA VIDA Y SU INTERPRETACIÓN HISTÓRICA. EVOLUCIÓN PRECELULAR.

INTRODUCCIÓN. ¿QUÉ ES LA VIDA?

1. INTERPRETACIÓN HISTÓRICA DEL ORIGEN DE LA VIDA.

2. EVOLUCIÓN PRECELULAR.

- 2.1. Hipótesis de los coacervados (Oparín; Haldane)
- 2.2. Síntesis de monómeros en la atmósfera primitiva
 - 2.2.1. *Experiencias de Miller*
 - 2.2.2. *Experiencias de Calvin, J. Oro y otros*
- 2.3. Hipótesis de las microsferas proteínoides
- 2.4. Hipótesis de la arcilla
- 2.5. Hipótesis del mundo de ARN
- 2.6. Hipótesis del hierro-sulfuro y las chimeneas negras
- 2.7. Hipótesis de la panspermia
- 2.8. Hipótesis de la playa radiactiva

INTRODUCCIÓN: ¿QUÉ ES LA VIDA?

No existe una definición directa de vida, sino que a partir de observaciones directas e indirectas del **estado térmico** de las estructuras vivas, podemos decir lo siguiente: *La vida es la dilación en la difusión o dispersión espontánea de la energía interna de las biomoléculas hacia más microestados potenciales.*

¿Por qué es tan difícil definir la vida? Esta pregunta tiene una respuesta concisa, porque la vida no es una cosa que pueda tocarse, sino un estado que solamente puede describirse operacionalmente.

De la Vida , como cosa general, es más lo que se dice que lo que hay. *Si tuviéramos un primer asomo de la Definición de la Vida, ¡hasta los más serenos nos volveríamos locos!* (Emily Dickinson, 1881).

1. INTERPRETACIÓN HISTÓRICA DEL ORIGEN DE LA VIDA.

El concepto de **generación espontánea** por el cual "ciertas entidades vivas pueden aparecer de repente, por azar, a partir de la materia y con independencia de toda clase de padres" refleja la experiencia de numerosos observadores, que se remontan a los tiempos de Babilonia, de la antigua China y de la Grecia clásica, donde Aristóteles creía que la vida podía surgir merced a una **entelequia** o fuerza vital capaz de animar la materia inerte. En palabras de A. Oparin "*siempre que el ser humano se ha encontrado con la aparición inesperada y exuberante de cosas vivas, lo ha considerado un ejemplo de la generación espontánea de la vida*".

El primero en cuestionarla fue el médico italiano **F. Redi** quien en 1668 realizó un experimento colocando sendos trozos de carne de serpiente, buey, pescado y anguilas, en dos series de frascos, unos abiertos; otros, cerrados y comprobó que en los abiertos aparecieron larvas de moscas, lo que no ocurrió en los cerrados. Los mismos resultados obtuvo cuando, en lugar de utilizar frascos cerrados, usó trozos de gasa para cubrir la carne.

Pasteur (1862) asestó un golpe casi definitivo a esta teoría con la experiencia que le supuso un premio de la Academia de Ciencias

Francesa: Demostró que los supuestos casos de generación espontánea se debían a la contaminación de los caldos por microorganismos transportados por las partículas de polvo del aire. Utilizó matraces con cuello de cisne. En su interior los caldos esterilizados por calentamiento permanecían estériles, las partículas de polvo con bacterias quedaban atrapadas en el cuello; si a los matraces, se les suprimía el cuello, los microbios proliferaban en el caldo al cabo de 48 horas. Aunque el golpe a la teoría fue prácticamente definitivo, algunos investigadores, como **Bastian**, quien comprobó que en la orina de reacción alcalina calentada a 106 °C podían aparecer gérmenes con cierta frecuencia, lo que llevó a Pasteur a investigar el porqué, concluyendo que había microbios que desarrollaban formas capaces de resistir temperaturas muy elevadas.¹, lo que obligó a extremar las medidas de esterilización de los materiales y utensilios. Su alumno y colaborador **Charles Chamberlan** diseñó el autoclave de vapor en el que se alcanzaron y superaron los 120 °C

¹ Como *Bacillus subtilis*

No obstante, la creencia en la generación espontánea siguió vigente entre varios naturalistas, como Richard Owen o Lamarck

Actualmente se supone que la vida se ha originado a través de una serie de acontecimientos que elevaron la organización de la materia inerte a niveles sucesivamente superiores. El biólogo **J. Desmond Bernal** (1901-1971) acuñó el término **biopoesis** para este proceso, y sugirió que había un número de estadios claramente definidos que se podían reconocer a la hora de explicar el origen de la vida:

1. El origen de los monómeros biológicos
2. El origen de los polímeros biológicos
3. La evolución desde lo molecular a la célula,

Pero todavía no se sabe de qué manera se ha conseguido la vida.

Entre los hitos más recientes se encuentra el marcado por el equipo de **Craig Venter**, con un enfoque de arriba abajo : utilizando la ingeniería genética con *Mycoplasma genitatum*, le fueron quitando nucleótidos a su ADN intentando discernir en que punto se alcanzaban los requisitos mínimos para la vida. A partir de ese ADN mínimo y tomándolo como modelo, este equipo de científicos anunció en octubre de 2007 que habían conseguido crear un cromosoma artificial de 580.000 pares de bases y ha sido bautizado como *Mycoplasma laboratorium*. A continuación, lo trasplantó en la célula de una bacteria viva y, en la fase final del proceso, tomó el control de ella convirtiéndola en una nueva forma de vida.

Aunque Venter todavía se cuida mucho de decir que haya inventado vida, sin embargo ya ha demostrado que un genoma trasplantado desde una célula existente a otra bloqueará el programa genético de la célula anfitriona y pondrá en funcionamiento el suyo propio

Más recientemente, en 2008 un grupo de científicos de la universidad de Harvard, liderados por **Jack W. Szostak** ha conseguido crear vesículas capaces de tomar nucleótidos del ambiente, hacerlos pasar a través de su membrana de ácidos grasos sin proteínas, y replicar el ADN de su interior sin mediación enzimática¹²

Y más recientemente aún, en mayo de 2010, de nuevo destacan C. Venter y su equipo, que han conseguido implantar un genoma totalmente sintético, al se le han añadido unas marcas de agua para hacer el seguimiento de la descendencia, en la bacteria *Mycoplasma mycoides*, que ha sido re-bautizada como *M. mycoides JCV. syn1.0*.

² *Exploring Origins of Life* creada por Janet Iwasa del equipo del Dr. Szostak

2. EVOLUCIÓN PRECELULAR.

La Tierra se inició como una masa de átomos libres, de hidrógeno y otros tipos, que se ordenaron según su peso. Los más ligeros (H, N, O, y C) se agruparon constituyendo las capas más externas. Pero, además, nuestro planeta reunía las condiciones idóneas para que se formase lo que podríamos llamar sustrato de la vida:

- Se trata de un **planeta no demasiado grande** (en caso contrario tendría intensas reacciones moleculares y consecuentemente mucho calor); está girando en una órbita situada a una **distancia adecuada**, con una radiación solar relativamente estable. Según Oparin y Fesenkov, sólo reunirían esta condición uno de cada 100.000 planetas.
- Se habían formado ya los distintos **elementos químicos necesarios para las moléculas orgánicas**. El H, C, N y O, elementos de los más abundantes en la Tierra, constituyen hasta el 90 % de los organismos. En segundo término el S, P, Na, K, Mg, Ca, Cl, Fe, etc. hasta llegar a los 20 que son la casi totalidad de los que constituyen los seres vivos. A medida que la tierra fue enfriándose se empezaron a establecer enlaces atómicos relativamente estables, que dieron lugar a moléculas.
- Una **atmósfera primitiva** sin oxígeno ni, por tanto, ozono que filtrara las radiaciones UV, que podría llegar hasta la superficie terrestre. Las temperaturas debieron ser tales que el agua y otros compuestos persistieron en forma gaseosas.

Esa atmósfera desapareció arrastrada por los vientos solares que actuaban al comienzo de la formación del Sol. Pero cuando se estabilizaron las reacciones de fusión del hidrógeno, cesaron las convulsiones del Sol y el viento solar perdió su ímpetu, lo que permitió que poco a poco la superficie de la Tierra se fuera enfriando y quedaran atrapadas en la atmósfera gases que sólo pudieron escapar a través de fisuras de la corteza³. Las opiniones sobre su composición varían pero las más actuales se decantan por la presencia de N₂, CO₂, vapor de agua y un poco de H₂; nada de CH₄, NH₃ ni O₂, pues una atmósfera de NH₃ y CH₄ habría sido destruida en pocos miles de años por las reacciones químicas desencadenadas por la acción de la luz solar. Esta atmósfera sería fundamentalmente **neutra**, con un **ligero poder reductor**⁴.

- **Presencia de agua**, procedente del interior terrestre, a través de las emanaciones volcánicas y/o de la que llegó en los asteroides que impactaron contra el planeta (véase tema19)..

El progresivo enfriamiento de la Tierra hizo que las nubes de vapor de agua se condensaron en lluvia que, a su vez, contribuyó al enfriamiento de la corteza y empezó a ser retenida por esta en forma líquida (se especula con la existencia de enormes aguaceros que duraron siglos), así se formaron los **primitivos océanos**. En los mares primitivos se acumuló gran cantidad de sustancias disueltas, como las procedentes de la erosión de la corteza. Además, es probable que se diese una frecuente e intensa actividad volcánica que permitió el enriquecimiento mineral del agua y de la atmósfera. Así los océanos adquirieron relativamente pronto su salinidad y la incrementaron algo todavía en las edades subsiguientes.

³

⁴ El consenso geológico actual apoya la idea de que la atmósfera vino del interior de la Tierra (no de la Nebulosa inicial).

Ya no se piensa que tuviera un fuerte carácter reductor.

2.1 . Hipótesis de los coacervados (Oparin, Haldane)

Oparin, en la segunda década del siglo XX, propuso la hipótesis de la aparición de los primeros seres vivos a partir de los **coacervados**. Se trata de unas gotas microscópicas formadas por una envoltura de moléculas de polímeros y por un medio interno, en el que podría haber algún enzima, que quedaría aislada del exterior. Estas gotitas se habrían formado en el mar primitivo, al ponerse en contacto espontáneamente los polímeros en solución acuosa.

Según Oparin, en su obra *El origen de la vida*, los coacervados tendrían un metabolismo muy sencillo, efectuado por algún tipo de **molécula catalítica** incorporada del medio externo; crecerían al captar moléculas del exterior y se al alcanzar un tamaño crítico se dividirían en dos. Cada uno de los hijos continuaría creciendo siempre que dispusiera del catalizador en su interior.

En su forma madura, la teoría se puede resumir como sigue:

1. La Tierra, por la época en la que comenzó la vida, tenía una **atmósfera reductora**.
2. Esta atmósfera se vio expuesta a diversas formas de **energía** (relámpagos, radiación solar, calor volcánico) que condujeron a la **formación de compuestos orgánicos**.
3. Estos compuestos, en palabras de **J.B.S. Haldane** (1924) "*debieron acumularse hasta que los océanos alcanzaron la consistencia de una sopa caliente diluida*" (**sopa prebiótica** o primigenia).
4. La vida se desarrolló en esta sopa merced a transformaciones ulteriores de estas moléculas replicante, pero no vivas, en un proceso de **biopoesis**, permaneciendo durante mucho tiempo en los océanos primitivos.

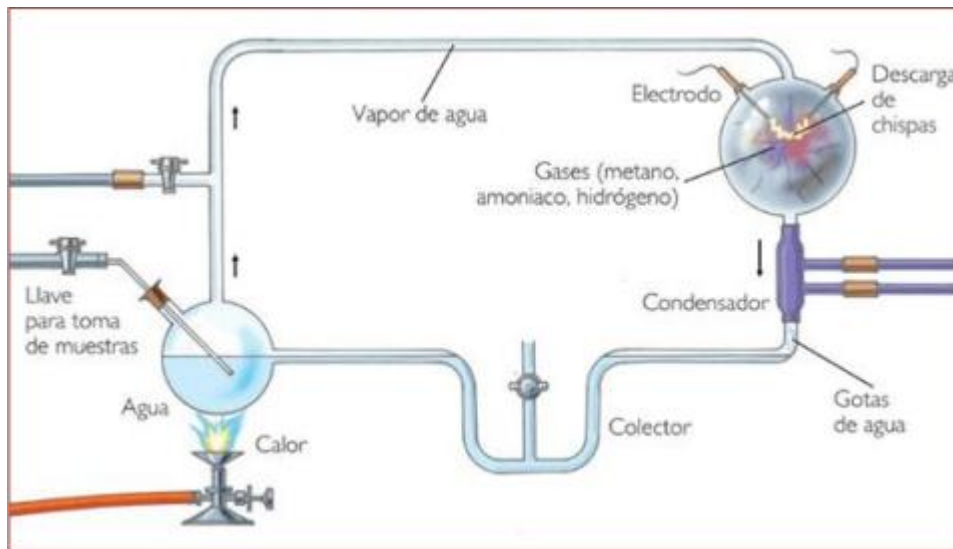
2.2. Síntesis de monómeros en la atmósfera primitiva

2.2.1. Los primitivos experimentos de Miller

A principios de la década de 1950, **S. Miller** y **H. Urey** diseñaron un aparato que, en el laboratorio, simulaba las características de la atmósfera primitiva. Introdujeron en el aparato una mezcla de **CH₄**, **NH₃**, **H₂** y **vapor de agua** (que podría contener una pequeña cantidad del oxígeno consecuencia de la disociación de la molécula de agua por la radiación ultravioleta) y sometieron estos gases a una serie de descargas eléctricas, que intentaban reproducir los aportes de energía que recibía la atmósfera primitiva.

Recogidos y analizados los componentes del matraz al cabo de una semana se comprobó la desaparición del CH₄ y que los átomos de carbono aparecían ahora en distintas sustancias orgánicas sencillas. El producto dominante era un material insoluble (alquitrán, resinas, polímeros) que cubría las paredes del aparato. Un 15 % del material no se convirtió en alquitranes y pudo analizarse. Nunca aparecieron proteínas, ácidos nucleicos, polisacáridos o grasas. Se explica que, al no añadirse fosfato en el experimento, no pudieron formarse nucleótidos, pero tampoco se formaron nucleósidos, en los que no es necesario el fósforo. Los aminoácidos aparecían tanto en su forma D como L (sólo la L forma parte de los seres vivos). Resumiendo, la sustancia que se produce en mayor cantidad es el alquitrán. Entre las moléculas sencillas producidas, quizá unas trece admitirían el calificativo de significativas. Sólo dos de los cincuenta compuestos estructurales (alanina y glicina) figuran como productos del experimento. Estos productos no guardan mucha similitud con los de los seres vivos pero, en cambio, sí guardan un paralelismo asombroso con la composición de cierta clase de **meteoritos** (condritos carbonosos). Por eso se aventura que los experimentos de Miller pueden haber repro-

ducido alguno de los procesos que acontecieron en los gases reductores de la nebulosa solar originaria y que dieron lugar a los compuestos preservados en los meteoritos.



Ante las nuevas teorías sobre la atmósfera primitiva, S. Miller intentó preparar aminoácidos en las supuestas condiciones, demostrándose que la proporción entre el H_2 y el CO_2 de la mezcla parece ser importante pues cuando se encuentra por debajo de 1, (como se suponía en la hipótesis de Oparin), se producen sólo trazas de Glicina y ningún aminoácido más. Y dada la tendencia del H_2 a escapar de la Tierra es difícil aceptar que esta proporción se mantuviera próxima a uno. Para que pudieran aparecer más aminoácidos era necesaria la presencia de CH_4 o equivalentes reductores en alguna otra forma.

2.2.2. Experiencias de Calvin, J.Oró y otros

Melvin Calvin⁵ de la Universidad de California, en 1951 utilizó por primera vez el ciclotrón para reproducir la radiación ionizante originada por la desintegración de elementos radiactivos y probar si esta fuente de energía podía inducir la formación de ciertos compuestos bioquímicos. Más tarde utilizó carbono marcado en la molécula de metano y, al someter la mezcla a un flujo de electrones impulsados a gran velocidad por el ciclotrón, obtuvo la síntesis de aminoácidos ya obtenidos antes por Miller- además de urea y ácidos grasos

El español **Juan Oró**, empieza a investigar las reacciones del ácido cianhídrico (CNH) con el NH_3 en una mezcla con agua a $90\text{ }^\circ\text{C}$ y consiguió sintetizar adenina en 1959. Otros investigadores, posteriormente, también la sintetizaron. Las sucesivas experiencias demostraron que los primeros compuestos orgánicos que aparecían en la mezcla primitiva eran el **ácido cianhídrico** y el **formaldehído**, y este último aparecía cualquiera que fuera la naturaleza de la fuente de energía.

⁵ Premio Nobel de Química en 1961

Cyril Ponnampерuma (1963), al irradiar con rayos UV una solución de CNH, detectó la guanina. También en 1963 (**Sagan y Ponnampерuma**) consiguieron la síntesis de la adenosina, al irradiar con UV una mezcla de adenina, ribosa y H₃PO₄; posteriormente consiguieron la formación de ATP recreando las presuntas condiciones originales.

Poco a poco se fueron sintetizando cada una de las cinco bases nitrogenadas del ADN y ARN. Junto con J. Oró también sintetizaron la ribosa y la desoxirribosa, a partir de una solución de formol; así como comprobaron que la acumulación de formaldeído conduce a la formación de glucosa. Así que, a pesar de las objeciones expuestas, de acuerdo con los resultados de estas experiencias, se pensó que en condiciones semejantes de la atmósfera primitiva se sintetizaron los primeros monómeros, que se irían depositando sobre la superficie terrestre, y serían arrastrados hacia el mar, formándose la sopa o caldo primitivo.

2.3. Hipótesis de las microesferas proteínicas (Fox)

Hacia los años setenta, **Sydney W. Fox** propuso que las microesferas proteínicas (proteínas no biológicas) eran las precursoras de los seres vivos, como resultado de sus experimentos. Demostró que los aminoácidos podían formar pequeños péptidos que se agregaban espontáneamente en microesferas que presentaban una membrana que ejercía una absorción selectiva de sustancias hacia el interior, de forma que las microesferas absorbían proteínicas disueltas, tenían cierta capacidad catalítica, crecían y eran capaces de dividirse indefinidamente, por lo que Fox las consideró como **protocélulas**

Según esta hipótesis, en las regiones volcánicas próximas al mar, las mezclas de aminoácidos se desecaron y calentaron, formándose polímeros. Es posible, por tanto, que los enzimas específicos actuales evolucionaran a partir de microesferas proteínicas de este tipo que captarían energía a partir de procesos exotérmicos del exterior y se dividirían mediante escisión o gemación

La experiencia de Fox permitió descubrir dos hechos: la capacidad de **autoorganización** de los proteínicos y la **rapidez** con que se pasa de aminoácidos a proteínicos (algunas horas) y de éstos a microesferas (algunos minutos). Estos glóbulos son estructuras pseudobiológicas ya que carecen del dinamismo que caracteriza a las células. No obstante tienen algunas **propiedades** que les asemejan a las células vivas:

- Son individuos diferenciados del medio circundante.
- Se forma un medio interno.
- Se produce un intercambio selectivo de sustancias a través de la membrana.
- Cada microgota posee una estructura química interna que le es propia, por lo que puede tener un destino diferente al de las demás; cada sistema, perdurará, evolucionará o desaparecerá.

No obstante, esta hipótesis tampoco explica la transmisión de la información genética y, por tanto, la evolución hacia los seres vivos.

⁶ *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, vol. 99: 14.629, 2002

2.4. Hipótesis de la arcilla

Posteriormente, en 1985, **Graham Cairns-Smith** presentó una hipótesis sobre el origen de la vida basada en la arcilla, según la cual las moléculas orgánicas complejas crecieron gradualmente en una plataforma de replicación no orgánica preexistente (cristales de silicato), lo que se vio favorecido por ciertas características adicionales del medio, como: .

Los compuestos pesados que se forman en la alta atmósfera caen sobre las capas inferiores, más densas; se hunden en el agua o se acumulan en las grietas y fisuras del suelo, lo que impide su destrucción por la radiación UV.

Si existen determinadas moléculas con función catalizadora (arcillas), su concentración puede aumentar con rapidez.

La ausencia de oxígeno atmosférico impide la oxidación de los productos orgánicos, lo que hace que se conservan durante más tiempo.

La ausencia de vida impide la destrucción de la materia orgánica.

Por consiguiente nada impedía que las moléculas orgánicas se acumularan sobre la Tierra, en las lagunas o mares primitivos, y reaccionaran entre sí durante millones de años.

2.5. Hipótesis de la panspermia y nepanspermia

Esta idea, que ya la tuvo el griego Anaxágoras, sugiere que la esencia o semillas de la vida están diseminadas por todo el Universo y llegaron hasta la Tierra en meteoritos desde otros planetas. Fue relanzada por **Arrhenius**, a finales del siglo XIX. El astrónomo F. Hoyle también apostó por esta hipótesis basándose en la comprobación de que existen ciertos organismos terrestres, como líquenes, bacterias, cianobacterias y arqueas, que son tremendamente resistentes a las condiciones adversas y podrían viajar por el espacio. Así que, realmente, esta teoría no encaja dentro del apartado Evolución precelular, sino más bien en le siguiente Evolución celular

Una variante de esta teoría es la **neopanspermia**, apoyada entre otros científicos, por F. Crick y J. Watson, según la cual lo que llegó a la Tierra no fueron las formas de vida, sino los precursores orgánicos. En los últimos años se han identificado unas sesenta moléculas (alcohol, formaldehído,...) en el espacio. En 1976, la sonda espacial Giotto, detectó en el núcleo del cometa Halley, un polímero del formaldehído llamado polioximetileno (POM).. En 1996 un equipo de científicos de la NASA y de la Universidad de Stanford (California) localizaron componentes orgánicos en un meteorito procedente de Marte. En 1987 los estudios sobre el meteorito Murchinson caído en Australia en 1969, revelaron la existencia de aminoácidos de origen extraterrestre¹¹ y más recientemente, en 2008, se han encontrado en las mismas muestras, restos de uracilo y xantina. Los autores, Dr. Zita Martins y Prof. Mark Sephton, dicen que la investigación puede ser otra pieza de evidencia de la evolución de la vida temprana en nuestro planeta pues, hace 3.8 a 4.5 mil millones de años, grandes cantidades de rocas similares al meteorito Murchinson, llovieron sobre la Tierra cuando la vida primitiva se estaba formando.

Esas interacciones medioambientales de gran amplitud causarían el desarrollo de un **metabolismo de base geoquímica** en un protoplasma planetario u **holoplasma** creando las pre-condiciones para la evolución gradual de la vida orgánica

La amplia diferencia de potenciales electroquímicos causaría la aparición de los ciclos geoquímicos de los elementos biogénicos. Las vías metabólicas primitivas se originarían de la interacción de estos ciclos y sus productos. El **aumento de orden** en el sistema sucede de las transiciones enérgicamente favorables, particularmente en la oxidación de materia orgánica, y de las propiedades físico-químicas de los compuestos participantes. Este protometabolismo planetario es esencialmente congruente con la bioquímica de hoy, incluyendo la fijación de carbono y de nitrógeno, y la degradación aeróbica de los compuestos orgánicos. Un metabolismo desnudo de base geoquímica evolucionaría así hacia nuestros procesos enzimáticos modernos. Así que el incremento en la complejidad de esos procesos sería el origen de la evolución biológica, y no la consecuencia.

Algunas webs

www.fai.unne.edu.ar/biologia/

www.ecopoese.bio.br/espanhol.htm

www.sagan-gea.org/hojared%20aire/pagina/ov3.htm

www.uv.es/metode/anuario2004/17_2004.htm

www.fai.unne.edu.ar/biologia/basicos/notas/origen_vida.htm

www2.uah.es/benito_fraile/ponencias/materia-vidahumana.pdf

www.noticiasdelsol.com/2008/06/material-genetico-hallado-en-meteorito.html