

El origen de la vida

1.- Componentes de los seres vivos

- Sólo 20 de los elementos químicos forman parte de los seres vivos. Los elementos más abundantes son el carbono, hidrógeno y oxígeno (98% es C y H₂O).
- El agua es un componente esencial.
- El carbono forma muchos tipos de compuestos: lípidos, hidratos de carbono, proteínas, ácidos nucleicos, etc. (C se creó en las estrellas y en la Tierra se acumuló en su interior. Con las erupciones volcánicas sale al exterior de la Tierra en forma de CO₂).
- El hierro es fundamental para la sangre (forma parte de la hemoglobina)
- El azufre forma parte de los pelos y las uñas.
- El potasio es indispensable para las transmisiones nerviosas.
- El selenio es fundamental para que el hígado funcione.

2.- Qué se considera vida

Los seres vivos presentan una serie de rasgos comunes:

- Están formados fundamentalmente por materia orgánica (hidratos de carbono, proteínas, ácidos nucleicos, lípidos)
- Están formados por una célula o varias células.
- Se pueden reproducir (producir nuevos individuos).
- Presentan algún tipo de metabolismo (intercambian materia y energía con el entorno).
- Se relacionan con el ambiente que les rodea (responden a estímulos externos de origen físico-químico o biológico).
- Evolucionan

3.- Cómo se estudia el origen de la vida

- Se utiliza el estudio geoquímico de las rocas antiguas y se efectúan simulaciones de laboratorio y mediante simulaciones por ordenador
- Se determina la disponibilidad de elementos y moléculas esenciales, en especial metales (son indispensables para la actuación de las enzimas)
- Es esencial conocer la fecha de las primeras manifestaciones de la vida para delimitar el rango de tiempo en el que debemos investigar.

- Según las evidencias actuales, aunque hay controversia, la vida apareció después del enfriamiento del planeta tras el bombardeo tardío, hace aproximadamente 3.800 millones de años.
- Todos los seres vivos actuales parece que descienden de un único organismo ancestral. "último antepasado común universal" llamado **LUCA**,(del inglés **Last Universal Common Ancestor**)

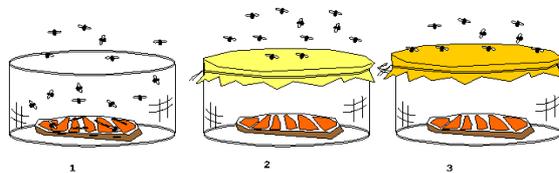
4.- Historia

4.1.- Generación espontánea. Desde la antigüedad se pensaba que la vida podía surgir del lodo, del agua, del mar o de las combinaciones de los cuatro elementos fundamentales: aire, fuego, agua, y tierra.

- Experimentos en contra de la generación espontánea:
 - Francisco Redi, medico italiano, hizo los primeros experimentos para demostrar la falsedad de la generación espontánea. Demostró que los gusanos que crecían en la carne putrefacta provenían de los huevecillos depositados por las moscas en la carne. Colocó trozos de carne en tres recipientes iguales:
 - al primero lo cerro herméticamente,
 - el segundo lo cubrió con una gasa
 - el tercero lo dejó descubierto.

Observó que en el frasco tapado no había gusanos aunque la carne estaba podrida y mal oliente, en el segundo había huevecillos de las moscas en la tela que cubría el recipiente y en el tercero había gran cantidad de larvas y moscas. Con dicho experimento se comenzó a cuestionar la "generación espontánea".

Los experimentos de Redi



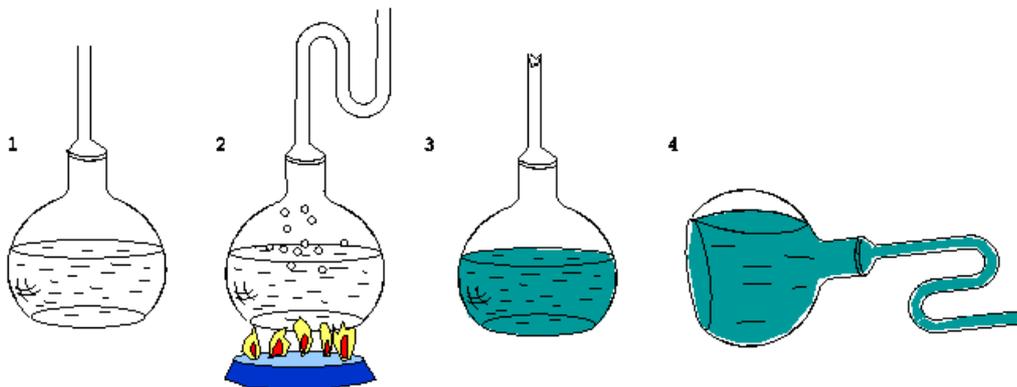
En tiempos de Redi (S. XVII) la gente creía que los seres vivos se podían generar a partir de la materia inanimada: Teoría de la generación espontánea. Redi puso en tres recipientes: 1, 2 y 3, un trozo de carne. El primero lo dejó destapado, el segundo lo tapó con un pergamino y el tercero con una fina gasa. Después de varios días observó que sólo en el primero aparecían gusanos.

- Descubrimiento de la Célula (Robert Hooke 1665).
- Observación de los primeros microorganismos

(1676 [Anton van Leeuwenhoek](#)). Con la observación a través del microscopio óptico, descubrió en las gotas de agua sucia gran cantidad de microorganismos.

- Desarrollo de la Microbiología ([Louis Pasteur](#)). En 1862 realizó una serie de experimentos para tratar de rebatir la teoría de la generación espontánea, pues pensaba que los que causaban la putrefacción de la materia orgánica eran microorganismos que estaban en el aire. Diseñó unos matracos cuello de cisne y en ellos colocó líquidos con nutrientes. Los llevó a ebullición para esterilizarlos. Observó que no se producía putrefacción y pensó que era porque el cuello de los matracos imposibilitaba la entrada de aire y se quedaban retenidos los microorganismos responsables. Para comprobar su hipótesis rompió los cuellos de los matracos y observó que al poder entrar el aire los microorganismos podían entrar en el matraz y se producía la descomposición de la materia orgánica. Así quedó demostrada la falsedad de la teoría de la generación espontánea.

Los experimentos de Pasteur



Louis Pasteur (S. XIX) puso caldo de carne en una redoma (1). Le alargó el cuello dándole una forma acodada y lo calentó hasta la ebullición (2). Observó que, después de enfriado, en el caldo de carne no se desarrollaban microorganismos y que se mantenía no contaminado incluso después de mucho tiempo. Si se rompía el cuello (3) o se inclinaba la redoma hasta que el caldo pasase de la zona acodada (4) este se contaminaba en poco tiempo.

- Primeras Hipótesis del origen de la vida (simultáneamente Oparin y Haldane)
 - 1923 Oparin (El *origen de la vida en la Tierra*) en su [teoría quimiosintética](#) explica el origen de la vida a partir de una "sopa

primitiva" de moléculas orgánicas, que se pudo haber generado en una atmósfera sin oxígeno a través de la acción de la luz solar. Las moléculas irían reaccionando formando moléculas cada vez más complejas hasta formar una especie de gotita con membrana (**coacervado**). Estas gotitas se fusionarían con otras. Después se fusionarían en gotitas hijas.



- 1923 **J.B.S. Haldane** (*biopoesis*) explica el origen de la vida a partir de los océanos en los que se podría haber formado una "sopa caliente diluida" en la que las condiciones eran favorables para la formación de compuestos orgánicos constituyentes elementales de la vida. La materia viva surge a partir de moléculas autorreplicantes.



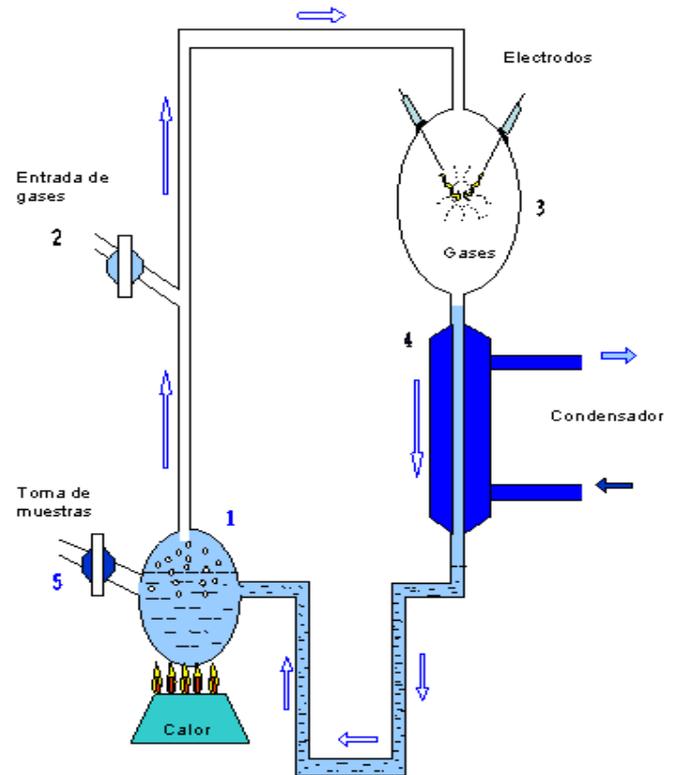
Según la teoría de Oparin- Haldane en la Tierra primitiva existieron unas condiciones físicas y químicas que permitieron el desarrollo de la vida (Se necesitan oligoelementos (C, H, O, N, S, P, Fe...) energía, agua y nichos habitables). La temperatura (debida al efecto invernadero) y las radiaciones solares hicieron posible la reacción de los componentes de la atmósfera (en la que no existía oxígeno) para producir sustancias más complejas que fueron enriqueciendo los mares. En ellos se combinaron hasta producir la vida.

- Experimento de Miller (1953).

Miller demostró que las primeras etapas de la teoría de Oparin eran posibles.

EL EXPERIMENTO DE MILLER

En 1953 Miller hizo una experiencia de gran importancia. Construyó un dispositivo como el de la figura. En él, el agua del matraz (1) se calentaba y los vapores circulaban por el circuito. Por 2 introdujo una mezcla de gases como la que pudo haber en la primitiva atmósfera de la tierra. En 3 las descargas eléctricas de los electrodos hicieron reaccionar la mezcla. Ésta era enfriada por el condensador (4) y los compuestos producidos se disolvían en el agua del matraz 1. Después de cierto tiempo, a través de la llave (5) sacó parte del líquido para analizarlo y descubrió que se habían formado muchas biomoléculas: azúcares sencillos, aminoácidos, etc. de gran importancia en la constitución de los seres vivos. De esta manera Miller demostró que las primeras etapas de la teoría de Oparin eran posibles.



Ingredientes del experimento de Miller					
Hidrógeno	Nitrógeno	Anhídrido carbónico	Agua	Amoníaco	Metano

5. Condiciones que permitieron la vida

Cuando la Tierra se formó:

- Había gran cantidad de rayos cósmicos que llegaban del espacio exterior, grandes tormentas eléctricas y gran actividad radiactiva.
- Se producían muchos choques de meteoritos y asteroides.
- Había gran actividad volcánica que generó, entre otras cosas la atmósfera primitiva formada por vapor de agua (H₂O), metano (CH₄), amoníaco (NH₃) y otros compuestos. No había oxígeno libre (esto se conoce esto estudiando las rocas antiguas.)
- No existía la capa de ozono y por lo tanto ningún filtro impedía llegar a las radiaciones ultravioleta de los rayos solares.
- Con el enfriamiento paulatino de la Tierra, el vapor de agua se condensó y se produjeron lluvias torrenciales que dieron lugar a los océanos.

Resumiendo, **las condiciones necesarias para que se produjera la vida fueron:**

- Ausencia de Oxígeno libre(oxidaría a las moléculas orgánicas)
- Una fuente de energía (vulcanismo generalizado, tormentas eléctricas, bombardeo de meteoritos e intensa radiación, especialmente ultravioleta)
- Sustancias químicas que funcionaran como "bloques de construcción químicos": agua, minerales inorgánicos y gases.
- Tiempo

6.- Teorías acerca del origen de la vida

- No hay una teoría estándar del origen de la vida, pero lo que parece claro es que todos los seres vivos actuales descendemos de un microorganismo ancestral "último antepasado común universal" o LUCA (del inglés Last Universal Common Ancestor).
- Los científicos en la actualidad tienen que explicar cómo se pasó de un conjunto de compuestos orgánicos disueltos en agua a un conjunto de compuestos orgánicos formando parte de una célula.
- Para lo cual solo existen hipótesis que no se han podido contrastar en el laboratorio.
- Hay teorías que sitúan el origen de la vida en la Tierra
 - Sopa prebiótica (la más aceptada)
 - Chimeneas hidrotermales y geiseres
 - Mundo mRNA
 - Minerales y Arcilla
- Hay teorías que sitúan el origen de la vida fuera de la Tierra
 - Panspermia.
 - Exogénesis.

6.1.- Sopa prebiótica

- Los compuestos que se encontraban en la atmósfera primitiva (vapor de agua, metano, nitrógeno, amoníaco, etc.) Gracias a la energía de las radiaciones

ultravioleta y a las descargas eléctricas de las tormentas se combinaron (reaccionaron) para formar primero pequeñas moléculas (como los aminoácidos) que luego se fueron polimerizando para formar biocompuestos como carbohidratos y proteínas.

- Conforme se iban formando estas sustancias, se fueron acumulando en los mares y charcos arrastradas por las lluvias, y a lo largo de millones de años se fue formando la “sopa primordial”.
- Se formaron unas estructuras microscópicas esferoides delimitados por una membrana en cuyo interior había agua y sustancias disueltas, que se consideran los precursores de las primeras células (similares a los coacervados), precursores de las primeras células (Oparin demostró que se forman membranas lipídicas en ausencia de vida y obtuvo en sus experimentos unas gotas ricas en moléculas biológicas y separadas del medio acuoso por una membrana rudimentaria a las que se llamó coacervados).
- Posteriormente algunos pudieron replicarse y se produjeron así las primeras seres vivos, células procariotas(sin núcleo) (evidencias fósiles las sitúan hace 3500 m.a.) que obtenían su alimento de la sopa primordial y su metabolismo era anaerobio (recordemos que no había oxígeno)
- Estas primeras células eran muy sencillas, pero tenían capacidad para crecer al tomar sustancias del medio, y al llegar a cierto tamaño se dividían en otros más pequeños. Éstos descendientes conservaban muchas características de sus progenitores y a su vez, iban creciendo y dividiéndose. Debido a se les considera los primeros seres vivos(capaces de alimentarse, crecer, respirar y reproducirse)
- A partir de estos seres sencillos se inició el largo proceso de evolución de las formas de vida en nuestro planeta.
- Al acabarse la materia orgánica se supone que solo algunos organismos sobrevivieron y que tal vez por mutaciones (cambios permanentes y heredables del material genético) algunas células pudieron obtener energía de la luz solar y convertir el agua y el dióxido de Carbono en compuestos orgánicos y liberando oxígeno como producto de desecho a la atmósfera (**FOTOSÍNTESIS**).Las mas importantes bacterias fotosintéticas desde el punto de vista evolutivo son las Cianobacterias (hace 3.800 m. a.) . Su presencia ha quedado registrada en los **estromatolitos**: se han encontrado fósiles microbianos en este tipo de rocas.
- Hace unos 2.000 millones de años, las cianobacterias habían producido suficiente oxígeno para modificar la atmósfera terrestre sustancialmente. Muchos **anaerobios** fueron dañados por el oxígeno, otros desarrollaron modos

de neutralizarlo y otros vivían en zonas donde el oxígeno no llegaba (profundidades del mar).

- La aparición de las primeras algas (pluricelulares) fue de gran importancia pues en su metabolismo formaban oxígeno, que enriqueció la atmósfera y se crearon las condiciones para la aparición de distintas formas de vida en la Tierra.
- Aparecen organismos **aerobios** que se adaptaron a vivir desarrollando una vía respiratoria que utilizaba el **oxígeno** para extraer más energía de los alimentos. La aparición de los aerobios supuso:
 - Mayor eficiencia en la obtención de energía de los alimentos.
 - Los anaerobios se confinaron en áreas restringidas.
 - Se estabilizó la cantidad de oxígeno y dióxido de carbono.
 - En la atmósfera superior (estratosfera) se empezó a formar ozono. (Se empezaron a filtrar las radiaciones UV).
- Por diversos y complejos mecanismos (por ejemplo fagocitosis) se fueron desarrollando distintos órganos en el interior de las células hasta que apareció el núcleo y aparecieron las células eucariotas.

6.2.-Chimeneas hidrotermales y Geiseres

- Las chimeneas hidrotermales (descubiertas en 1977) son similares a los géiseres, son surtidores calientes submarinos que escupen a altísimas temperaturas mezclas de compuestos químicos y nutrientes para bacterias. Los científicos han descubierto que están llenos de vida, a pesar de las elevadas temperaturas y de las altísimas presiones que hay.
- Hay una teoría que sugiere que la vida en la Tierra pudo haber empezado en las chimeneas hidrotermales hace billones de años.
- No todos los científicos que estudian estas chimeneas están de acuerdo con la hipótesis de las chimeneas, pues consideran que las condiciones son demasiado extremas para la aparición inicial de la vida.
- Según esta teoría la vida se desarrolló en chimeneas hidrotermales de la siguiente manera:

- los gases volcánicos y el agua cercanos a los surtidores hidrotermales se combinaron con elementos de la corteza terrestre para formar ácido acético.
- Por adición de carbono se formó ácido pirúvico. Cuando el ácido pirúvico entró en contacto con amoníaco, formó aminoácidos, que más tarde se unieron para dar lugar a proteínas.
- El descubrimiento de vida en las chimeneas hidrotermales en la Tierra ha abierto la posibilidad de encontrar vida en otros lugares de nuestro sistema solar. Marte y Europa (una de las lunas de Júpiter) son dos lugares de nuestro sistema solar que podrían tener energía geotérmica suficiente como para generar chimeneas volcánicas.

6.3.- Mundo mRNA

- Esta teoría se basa en la creencia de un mundo arcaico en el que el RNA sería la especie predominante. Esta hipótesis se ha basado en el hecho de la existencia de numerosos complejos ribonucleoproteicos (ribosomas, spliceosoma, etc), la distribución en un gran número de especies en algunas de ellas (ej: Hammerhead) y el papel inicial de las proteínas como ayudante de estos RNA.

6.4.-Minerales en el origen de la vida

- Fue el cristalógrafo inglés BERNAL (1951) quien primero propuso que las moléculas en contacto con minerales, especialmente arcillas, habrían sido esenciales para el origen de la vida.
- La actuación de minerales en la explicación del origen de la vida resuelve el problema de la dilución de las moléculas orgánicas (el mar es muy grande para que haya grandes concentraciones) y su necesidad de agentes catalizadores.
- Consideran a los minerales como el andamiaje de la vida.
- Hay científicos que piensan que los primeros "organismos vivos" fueron de origen mineral y los primeros genes fueron genes cristalinos (CAIRNS-SMITH, 1985).
- Teoría de la arcilla
 - Esta teoría para los orígenes de la vida propone que las partículas de arcilla actuaron como catalizadores, convirtiendo simples moléculas orgánicas en estructuras más complejas. Serían como incubadoras.
 - Se ha descubierto que entre las capas de arcilla, el alcohol metílico se transforma en largas moléculas orgánicas en sólo seis semanas.
 - Dentro de estas arcillas se habrían formado recintos con condiciones más favorables, donde se crearon estas moléculas complejas que luego, de algún modo, fueron expulsadas en un ambiente menos hostil para crear la sopa primordial donde apareció la vida.

- Los precursores de la vida tal como la conocemos fueron cristales de arcilla microscópicos, que se reprodujeron por el simple proceso de crecimiento de los cristales. La mayoría de los cristales están marcados por patrones de dislocación siguiendo la ordenada disposición de sus átomos, muchos de los cuales se propagan al crecer el cristal. Caso de fracturarse el cristal, cada pieza puede heredar una copia del patrón original, a veces con ligeras modificaciones. Tal como actúan los genes dentro de la teoría de la evolución.

6.5.-Panspermia

- Según esta hipótesis la “semillas” la esencia de la vida se encuentra diseminada por el espacio.
- La vida comenzó en la Tierra gracias a la llegada de tales semillas a nuestro planeta.
- Se basa en la comprobación de que ciertos organismos terrestres (ciertas bacterias, cianobacterias y líquenes) son tremendamente resistentes a condiciones adversas y que eventualmente pueden viajar por el espacio y colonizar otros planetas.
- No explica como se forman las semillas de vida ni dónde.

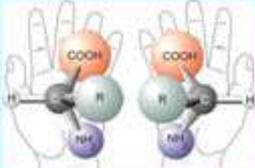
6.6.- Exogénesis

- Considera esta teoría que la vida surgió en otros lugares del Universo y llegó a la tierra con los impactos de asteroides y cometas, de la misma manera que según algunos científicos llegó el agua a la tierra.
- Se supone que una lluvia de material procedente de [cometas](#) que se precipitó sobre la Tierra primitiva pudo haber traído cantidades significativas de [moléculas orgánicas](#) complejas y, quizá, la misma vida primitiva formada en el espacio y fue traída a la Tierra por material cometario o [asteroides](#) de otros sistemas estelares.
- El meteorito que en 1969 cayó cerca de Murchison, Australia, es famoso por la gran cantidad de compuestos orgánicos que se han encontrado en él, incluyendo bases nucleicas, que son precursores de las moléculas constituyentes del ARN y el ADN. Eso llevó a que la comunidad científica se plantease que la caída en una época arcaica de meteoritos como ese pudo aportar a la Tierra los ingredientes clave para el surgimiento de la vida, y que por tanto las formas de vida de nuestro mundo tendrían

un origen parcialmente extraterrestre.

Molécules prébiotiques dans la météorite de Murchison

	<p>Glycine Alanine Valine Leucine Isoleucine Proline Acide aspartique Acide glutamique</p>	<p>Acides carboxyliques C₂- C₁₂ Acide lactique Acide β-hydroxy butyri. Acide malique Acide succinique Acide fumarique maléique Acétone Urée Ethanol</p>	<p>Adénine Guanine Xanthine Hypoxanthine Uracile</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------



7.- Evidencias de la aparición de la vida

- La proporción de carbono¹² y carbono¹³ en los sedimentos de las rocas (carbonatos) de Isua en Groenlandia sugiere que en ellos hubo seres vivos hace 3850 millones de años. (Los seres vivos asimilan C¹², pero no C¹³)
- Los Estromatolitos:
 - Los estromatolitos son estructuras *organo*-sedimentarias laminadas similares a los arrecifes producto de la actividad metabólica de microorganismos (principalmente cianobacterias o algas cianofíceas) que atrapan y unen granos de arena y producen carbonato cálcico formando láminas de caliza.
 - Aunque raros hoy, estos depósitos estratificados de carbonato de calcio se encuentran en aguas marinas poco profundas, a lo largo de registros geológicos de 3.400 millones de años.
 - Los estromatolitos antiguos representan un registro mineral de la química del carbono y la evolución de la vida primitiva.

- Las arqueobacterias (arqueas) son los organismos vivos actuales con mayores semejanzas. Hoy en día viven sólo en ambientes extremos. Recientes descubrimientos de bacterias en las fosas marinas en las cuales las placas tectónicas dejan lugar a fisuras y el calor y los materiales resultantes de esta circunstancia conforman un ambiente particular donde se desarrollan bacterias. Esto permite presuponer otro lugar donde la vida pudo haberse originado: en estas fosas marinas donde el calor y la roca derretida aflora a la superficie de la Tierra.

