



TEMA 6: EL ORIGEN DE LA VIDA

6.1. ¿Qué es la vida? 6.2. El origen de la vida. Interpretaciones. 6.3. La Generación Espontánea. 6.4. Interpretaciones actuales: El escenario prebiótico. 6.5. Evolución química: de las moléculas sencillas a los primeros seres vivos. 6.6. Evolución celular y evolución biológica. 6.7. Consideraciones finales.

6.1. ¿QUÉ ES LA VIDA?

<http://eduteka.org/pdfdir/Biodiversidad03A.pdf>

Tradicionalmente se ha definido un ser vivo como aquél que nace, crece, se reproduce y muere. Pero se sabe que el nacimiento es fruto de la reproducción, que el crecimiento puede ser prácticamente nulo y que no todos los organismos mueren; por ejemplo, una bacteria no muere "de vieja", simplemente se reproduce y ya no es ella sino que son dos hijas.

Tal vez sea la reproducción la característica más exclusiva y que podría ser utilizada para distinguir definitivamente lo vivo de lo inerte. Sin embargo, la reproducción de los cristales minerales, a partir de otros cristales y de los iones presentes en el entorno, impide esa exclusividad. (Deja agua con sal disuelta en un vaso varias semanas y verás cómo "nacen" cristales y cómo crecen).

Para poder reconocer adecuadamente la vida es conveniente acudir a una serie de características o propiedades que la definan en conjunto, de forma que todo aquello que las posea estará vivo. Se trata de comenzar con una definición de tipo funcional, o sea, de saber qué hace un ser vivo. Los seres vivos se caracterizan por:

1. Complejidad. Para entender la enorme complejidad de un ser vivo, por minúsculo e insignificante que nos parezca, basta con comparar la composición de cualquier roca con la de una célula común y corriente. La piedra estará compuesta por unos cuantos tipos de moléculas tales como CaCO_3 , FeSO_4 , SILICATOS (en este último caso podemos encontrar una cierta variedad), etc. El ser vivo, por el contrario, estará formado por **cientos o miles de moléculas diferentes** en su mayoría muy complejas.

2. Organización. Pocas veces se reflexiona sobre la evidente relación que existe entre las palabras organismo y organizado. Un ser vivo es materia organizada. Las diferencias que se observan entre ésta y la materia que no presenta ningún orden son similares a las que existen entre una "pared" y un montón de "ladrillos" o las que hay entre un mineral fundido y uno cristalizado.

3. Intercambio de materia o energía con el entorno. Para mantener su estructura y organización, los seres vivos necesitan un aporte continuo de materia y energía. La compleja maquinaria de un ser vivo transforma los aportes exteriores en materia propia y en la energía necesaria para el propio mantenimiento. El conjunto de todas las reacciones químicas que tienen lugar constituyen el **metabolismo**. [La diferencia con un mineral es que en éste, los átomos se ordenan para alcanzar el mínimo nivel energético y mantenerse estables, y eso lo hacen espontáneamente (basta evaporar el agua de una disolución de cloruro sódico para que se formen cristales de sal; en cambio si disolvemos carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno... podemos estar seguros de que no se nos va a formar espontáneamente un ser vivo)].

4. Reproducción. El ser vivo se reproduce por sí mismo y en muchos casos la réplica no es idéntica, ni interesa que lo sea. La gran variedad de organismos existentes se debe precisamente a que se producen cambios y éstos también se transmiten de generación en generación.



5. Respuesta a estímulos. Ésta es la característica más reconocible. Se entiende por estímulo cualquier cambio de tipo físico-químico que se produce en el entorno (o también en el interior de un ser vivo y que es detectable por éste. Por una parte, los seres vivos son capaces de reconocer el medio que les rodea y responder a los cambios que en él se producen. La capacidad que tienen los organismos para responder a los estímulos del medio se denomina excitabilidad.

Por otra parte, **los seres vivos son capaces de autorregularse.** No sólo regulan sus respuestas respecto a las condiciones del medio ambiente (una planta puede abrir o cerrar los estomas de sus hojas en función de la temperatura exterior), sino que también pueden regular su propio medio interno (muchos animales controlan su temperatura corporal). En definitiva, un ser vivo es una estructura dotada de una serie de propiedades que le permiten desarrollar sus actividades. Estas actividades, exclusivas de los seres vivos, se resumen en las **funciones vitales**:

1. Nutrición: son los intercambios de materia y energía con el exterior. Dichos intercambios permiten la construcción, crecimiento y reparación del individuo así como su mantenimiento como ser vivo. (¡En 1º de bachillerato no se puede decir que nutrirse es alimentarse!).

2. Relación: es el reconocimiento del medio interno y externo. Un ser vivo “tiene que saber” qué ocurre fuera y también qué ocurre dentro de él. Relacionarse es indispensable para la nutrición y la reproducción y, en definitiva, para sobrevivir.

3. Reproducción: los seres vivos no somos eternos, pero la vida continúa porque los individuos hacemos copias. Reproducirse es crear nuevos individuos.

En resumen, es la gran complejidad, el alto grado de organización así como el modo de funcionar lo que distingue a los seres vivos de la materia inanimada. Si considerarnos al ser vivo como un sistema, son su orden y organización internos los que hacen posible el delicado equilibrio de la vida.

[Se puede decir que la vida es una propiedad especial de la materia que dota a los cuerpos que la poseen de las capacidades de **metabolismo y autoperpetuación**.]

6.2. EL ORIGEN DE LA VIDA. INTERPRETACIONES.

Las explicaciones que a lo largo de la historia se han dado sobre el origen de la vida son muy numerosas, aunque todas ellas se pueden reunir en cuatro grandes líneas de explicación:

1. Origen sobrenatural. El origen de lo vivo se debe a uno o varios actos directos de creación divina. (En el mundo existen varios miles de religiones, además de las miles que ya se extinguieron y de las miles que quedan por inventar. La inmensa mayoría de ellas tienen, tuvieron o tendrán sus dioses creadores).

2. Generación espontánea. En determinadas condiciones, los seres vivos surgen a partir de la materia inanimada. Había quienes sostenían que esto sucedía porque así se comportaba la materia en determinadas condiciones y quienes consideraban imprescindible un “impulso vital o espiritual” dado por dios.

3. Teoría de la panspermia. Supone una distribución universal o extraterrestre de gérmenes vivos. La vida sobre la Tierra se explica diciendo que los primeros seres vivos simplemente llegaron de fuera. Esta teoría ha sido propuesta en varias ocasiones a lo largo de la historia y cuenta aún hoy con defensores entre algunos científicos de prestigio. No obstante no explica el origen de dichos gérmenes o microorganismos, es decir, no resuelve el problema. (En realidad no es una teoría científica).

4. Evolución química y celular. Mantiene que la vida apareció, a partir de materia inerte, en un momento en el que las condiciones de la Tierra eran muy distintas a las actuales. [Se volverá a esta teoría más adelante]. Se distinguen tres etapas:



- 1ª) En el océano primitivo, gracias a una atmósfera muy distinta de la actual, se produjeron por *evolución química* pequeñas moléculas imprescindibles para la vida.
- 2ª) Posteriormente, con estas moléculas se formaron polímeros (o cadenas), que en algún momento tuvieron *capacidad de replicación* sufriendo una evolución con el tiempo (evolución prebiótica).
- 3ª) Por fin las moléculas se organizaron en entidades separadas del medio por *membranas* (protocélulas) y comenzó la evolución biológica por selección natural.

6.3. LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA.

En todas las épocas, la aparición repentina de un gran número de organismos en un lugar determinado siempre ha sido interpretada como una prueba de que, en ciertas condiciones, los seres vivos surgen *espontáneamente* de la materia inerte.

A lo largo de la historia, muchos filósofos e incluso hombres de ciencia consideraron la generación espontánea como un hecho indiscutible y explicable. El belga **Van Helmont** (1.577-1.644) contribuyó a la nueva biología experimental en muchos terrenos. Sin embargo, llegó a dar una receta para la obtención de ratones a partir de trigo y ropa sudada abandonada en un rincón de un desván.

La primera ruptura con el pensamiento espontaneísta la protagonizó **Francesco Redi** que publicó en el año 1.668 sus conocidos experimentos sobre la aparición de gusanos en la carne. Redi demostró que tales gusanos son en realidad larvas de insectos y que si se impedía la llegada de hembras que pusieran huevos sobre la carne, se evitaba la aparición de los gusanos. Al realizar experimentos con muestras de control e interpretar correctamente los resultados, demostró la falsedad de numerosos casos de generación espontánea. Pero la idea estaba tan arraigada que el mismo Redi aceptaba que otros gusanos, como los del intestino o los de la madera, surgían de la materia inerte.

A. van Leeuwenhoek (1.695), con su primitivo microscopio, observó "animalículos" presentes en aguas con materia putrefacta. Aunque él mismo no creía en su generación espontánea, e incluso uno de sus discípulos demostró el origen de los infusorios a partir de esporas, nadie creyó en la interpretación de los experimentos y se rechazó toda teoría no espontaneísta.

Durante el siglo XVIII se desató una auténtica lucha científica basada en la experimentación. En tan singular combate intervinieron el escocés **T. Needham** (1.713-1.781) en defensa de la generación espontánea y el italiano **Lazzaro Spallanzani** (1.729-1.799), que la negaba. Este último, con un rigor experimental semejante al de Needham, sostenía que sólo la llegada de esporas, formas de resistencia presentes en el aire, explicaba la proliferación de microorganismos en los medios de cultivo. En líneas generales los experimentos de estos investigadores consistieron en la esterilización de recipientes y caldos de cultivo por medio del calor. Los recipientes eran tapados herméticamente. La esterilización fue más completa en los experimentos de Spallanzani, pero la mayoría de sus contemporáneos dieron la razón a Needham.

Uno de los problemas experimentales más interesantes era el que planteaba la necesidad de oxígeno para el desarrollo de los microorganismos. Muchos investigadores argumentaban que el hermetismo absoluto de los recipientes esterilizados impedía la aparición de microbios por falta de oxígeno y que, con suficiente aire, éstos se originarían espontáneamente.

En 1836 **T. Schwann** suministró al cultivo aire esterilizado por calentamiento y no se produjo aparición microbiana. A pesar de esta evidencia, muchos científicos de la época todavía mantenían que la esterilización destruía la "fuerza vital" necesaria para el desarrollo biológico. Ninguno de ellos sostenía ya que insectos, gusanos u otros animales o plantas se



formaran por generación espontánea, pero el progresivo conocimiento de los microorganismos como las bacterias favoreció el mantenimiento de la idea espontaneísta.

Tuvo que llegar **Luis Pasteur** para que la teoría de la generación espontánea recibiera el golpe mortal, último y definitivo.

Los experimentos de Pasteur, publicados en 1.862, constituyen un perfecto ejemplo de diseño experimental que refuta todas y cada una de las afirmaciones que se habían hecho sobre la generación espontánea. A través de experiencias específicamente diseñadas, Pasteur demostró que los microorganismos conquistan un medio y se reproducen activamente en él y que sí se impide esta conquista no aparecen ni por generación espontánea ni por otro procedimiento cualquiera. También demostró que los microbios se encuentran por todas partes y que a la menor oportunidad se reproducen rápidamente.

Sus experimentos consistieron en hacer pasar aire por un algodón y observar en el microscopio el polvo recogido. También diseñó frascos de cultivo con un tubo abierto en forma de S; de manera que los microorganismos no podían ascender por él, aunque el cultivo estaba comunicado con el exterior. Las conclusiones a las que llegó fueron:

1. En el aire se encuentran abundantes esporas de microorganismos.
2. Estas esporas son las responsables de la contaminación en la mayoría de las experiencias realizadas hasta entonces.
3. Aunque se comunique el cultivo con la atmósfera, si se impide la entrada de gérmenes, el cultivo no se contamina.
4. La propagación de los microorganismos del aire es muy variable en función de la época del año y del lugar.
5. El aire no es la única fuente de contaminación. También lo son los frascos y los instrumentos.
6. La putrefacción no es la causa de la presencia de microorganismos sino al contrario: son los microbios los que producen la putrefacción o descomposición de la materia orgánica.

(Sabemos que hay sin duda en el aire esporas, pero también hay microorganismos activos y otros en estado latente que no forman estas estructuras -células con una cubierta muy resistente-).

Hoy, más de un siglo después, se conservan en un museo los frascos con caldo de cultivo preparados por Pasteur y todavía no se detectan en ellos microbios. Aunque la frase no es suya, la conclusión definitiva de esta actividad experimental es que "todo ser vivo procede forzosamente de otro ser vivo".

Una spora es una envoltura resistente dentro de la cual una célula puede mantenerse inactiva durante mucho tiempo. Cuando las condiciones son favorables, la cubierta se rompe y la célula comienza su actividad como ser vivo.

[De todo este apartado interesa el rechazo de la teoría de la generación espontánea llevada a cabo por Pasteur]. **Busca en una enciclopedia en qué consiste la "pasteurización".**

[Aparte de demostrar que la vida no surge porque sí, las ideas de Pasteur supusieron un cambio radical en la forma de entender y practicar la medicina: hasta entonces no se conocían las causas de las infecciones, que acababan con la mayor parte de los pacientes sometidos a una operación quirúrgica. La **asepsia**, esto es, las mejores condiciones de higiene y la desinfección en los quirófanos, en el instrumental y en los propios cirujanos (antes sólo se lavaban las manos después de la operación) mejoró espectacularmente la tasa de supervivencia. **Infórmate de qué es un "autoclave", cómo funciona y para qué sirve.**

6.4. INTERPRETACIONES ACTUALES: EL ESCENARIO PREBIÓTICO.

A comienzos del siglo XX ya están sentadas las premisas para entender la perspectiva actual sobre el problema del origen de la vida:



Se conoce como **teoría celular** al conjunto de los siguientes tres principios deducidos:

-Todos los seres vivos están constituidos por células.

-La célula es la parte más pequeña de un ser vivo capaz de realizar las funciones vitales.

-Toda célula procede de otra célula, o lo que es lo mismo, todo ser vivo procede de otro ser vivo.

Durante el siglo XX se produce un progresivo conocimiento de la composición química de los seres vivos y se identifican los diferentes tipos de compuestos que los forman. Por otra parte, se desarrollan los estudios sobre el origen del sistema solar y del planeta Tierra.

La tierra prebiótica: se calcula que la Tierra pudo formarse hace unos 4.600 millones de años a partir de polvo cósmico y gases interestelares. La acumulación de materia en un volumen relativamente reducido produjo tal cantidad de calor, que su interior se fundió. Poco a poco la superficie se enfrió dando lugar a la corteza. Una gran actividad volcánica arrojó vapor de agua cuya condensación dio lugar a los océanos. Otros gases volcánicos fueron retenidos por gravedad y formaron una atmósfera que contenía diferentes átomos (hidrógeno, nitrógeno, carbono, oxígeno) que se unieron para formar moléculas cuando bajó la temperatura. Entre ellas se encontrarían el metano, el nitrógeno, el amoníaco, el dióxido de carbono y el agua. Esta atmósfera era de carácter reductor, ya que carecía de oxígeno. [Reductor es lo contrario a oxidante].

En una atmósfera de este tipo la síntesis orgánica es posible e incluso probable, siempre y cuando haya aportes de energía. La ausencia de oxígeno y de ozono permitía el paso de gran cantidad de radiaciones (UV, gamma, etc.) provenientes del Sol. Además, en las frecuentes tormentas se producían descargas eléctricas (rayos y relámpagos).

Este escenario presenta características propicias para la síntesis y estabilidad de compuestos orgánicos del tipo de los que forman los seres vivos. Y así lo pensó **Alexander Oparin**, uno de los científicos que más ha trabajado sobre el origen de la vida.

En 1.924, este investigador ruso propuso que la vida pudo surgir en nuestro planeta en un momento remoto, hace miles de millones de años, en condiciones muy distintas a las actuales. Según Oparin, la atmósfera tuvo que ser reductora (lo contrario de oxidante, como es ahora, debido sobre todo a la presencia de oxígeno) y gracias a la energía de las radiaciones y de las tormentas, se pudieron sintetizar sustancias orgánicas que, en el medio acuoso de charcas o mares, formaron un "caldo primitivo". En dicho caldo, a partir de moléculas orgánicas elementales se formaron otras más complejas, las macromoléculas, que constituyeron coloides que evolucionaron hasta formar protocélulas con una membrana que las separaba del medio externo. A partir de ahí la evolución biológica se encargó del resto. [Los coloides son moléculas que por su tamaño, en el seno del agua no forman disoluciones ni suspensiones al no ser ni muy pequeñas ni muy grandes].

6.5. EVOLUCIÓN QUÍMICA: DE LAS MOLÉCULAS SENCILLAS A LOS PRIMEROS SERES VIVOS.

En 1.953, **Stanley Miller** y Harold Urey obtuvieron uno de los mayores éxitos en la historia de la investigación del origen de la vida. Realizaron su famoso experimento de simulación, que consistía en la reproducción de las supuestas condiciones que se dieron en la Tierra primitiva. Para ello construyeron un aparato compuesto por un globo de vidrio en el que introdujeron los gases que supuestamente formaban la primitiva atmósfera: dióxido de carbono, nitrógeno, metano, amoníaco, hidrógeno y vapor de agua. Contenía además agua líquida. Añadieron dos electrodos para producir descargas eléctricas (a modo de relámpagos). El fondo del recipiente fue calentado y además iluminaron con una fuente de luz ultravioleta. Al cabo de unos días el análisis del contenido resultante ofreció una grata sorpresa: entre otras muchas moléculas orgánicas se encontraron **aminoácidos**, los componentes de las proteínas.



[Miller dedicó toda su vida a la investigación de la formación de biomoléculas. Variando la composición inicial de gases, consiguió la síntesis de muchas de ellas. Murió en el año 2.007].

[En el mismo año, 1.953, **Watson y Crick** propusieron su modelo de estructura para la molécula de ADN y se conocía ya que los genes estaban compuestos por ADN].

[En 1.961, **Juan Oro**, un español afincado en EE.UU., tratando de obtener aminoácidos por procedimientos abióticos más simples que los de Miller y Urey, encontró **adenina**, una de las bases que componen los ácidos nucleicos. Posteriormente, se sintetizaron las restantes bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos. También se obtuvieron **ribosa** y **otros azúcares**].

[Estudios más recientes sobre la posible composición de la atmósfera primitiva han demostrado que ésta no era tan reductora como se pensó en un principio. Probablemente no había tanto hidrógeno, puesto que pudo escapar al espacio y, por consiguiente no se formaron tanto metano y amoníaco como parecía. La atmósfera estaría compuesta por el dióxido de carbono y el nitrógeno arrojados por los volcanes. El efecto invernadero del CO₂ podría haber mantenido una temperatura próxima a la ebullición del agua. A pesar de que no hay datos definitivos, la mayoría de los científicos creen que la síntesis de las moléculas esenciales para la vida fue posible en la atmósfera de los albores del planeta Tierra].

De no ser así, cabe la posibilidad de que durante la formación del sistema solar, entre los gases que se condensaron, hubiera una síntesis masiva de materia orgánica, como lo sugiere el conocimiento actual del polvo interestelar, de los meteoritos y de los planetas. Los más recientes estudios sobre la composición del universo demuestran que la materia orgánica es más abundante de lo que se pensaba y por lo tanto ya podía estar presente en la Tierra desde su formación.

Una vez formadas las primeras moléculas orgánicas, dentro o fuera de la Tierra, (aminoácidos, bases nitrogenadas, etc.) el siguiente paso en la evolución química fue la síntesis de las macromoléculas a partir de la polimerización de esas primeras moléculas; o dicho de otro modo, la formación de cadenas (polímeros) por unión de los eslabones (monómeros) que ya se encontraban en el medio.

En el caldo primordial "chocaban" las moléculas y se producían nuevos enlaces, de tal modo que la complejidad de los compuestos iba aumentando.

Las reacciones de polimerización son muy lentas si no hay enzimas (proteínas) que las catalicen, es decir que aumenten notablemente la velocidad de reacción. Lógicamente, en aquel momento no existían todavía las proteínas. El tiempo necesario para que ocurrieran estos procesos es otro de los factores fundamentales para explicar el origen de la vida. Se puede suponer que hubo casi **¡1.000 millones de años!** durante los cuales se produjeron todo tipo de reacciones entre moléculas. El hecho de no poder reducir el tiempo a una "muestra" como se hace en un laboratorio con los materiales es, posiblemente, el factor que no ha permitido "fabricar" ningún ser vivo.

El final de la primera etapa, la evolución química, terminaría con la aparición de las macromoléculas fundamentales para la vida: las proteínas y los ácidos nucleicos.

Una vez concluida la evolución química se inició la **evolución prebiótica**. En este punto cabe plantearse cuáles fueron y cómo se originaron las primeras moléculas que tuvieron las propiedades que se reconocen fundamentales para los seres vivos: la **capacidad de reduplicación** y la **capacidad para desencadenar los procesos químicos** necesarios para llevar a cabo las funciones vitales (el metabolismo).

Aquí surgen las principales discrepancias entre investigadores: ¿Qué fue antes, las proteínas o los ácidos nucleicos? [Haldane, en 1.927, comparte la hipótesis de Oparin sobre las condiciones reductoras de la atmósfera primitiva, pero marca la primera diferencia que nos sitúa en el comienzo de una interesante polémica que se ha prolongado hasta la actualidad. Oparin pensaba que las proteínas eran las primeras moléculas de la vida. En el caldo primitivo



habrían formado estructuras membranosas con capacidad para captar materia y utilizarla para obtener la energía necesaria (metabolismo). Por su parte, Haldane propuso la hipótesis del "gen desnudo", o de la aparición de moléculas con capacidad de autorreplicación que continuamente realizarían copias de sí mismas sin necesidad de estructuras membranosas ni de un soporte metabólico].

Para entender esta polémica es necesario recordar las funciones principales de ambos tipos de moléculas:

- Las proteínas son imprescindibles en la formación de las membranas biológicas y además todas las enzimas son proteínas siendo las responsables de las reacciones químicas que tienen lugar en las células. Entre estas reacciones se encuentra la síntesis de los ácidos nucleicos.

- El ADN es la molécula que contiene la información necesaria para la síntesis de proteínas.

En definitiva, para que se reproduzca el ADN son necesarias las proteínas; y para que se produzcan las proteínas es necesario el ADN: "¿Qué fue antes, el huevo o la gallina?"

Otros investigadores coincidieron independientemente en sugerir una tercera vía: el **ARN**, compuesto intermediario entre el material genético (ADN) y las enzimas (proteínas). Se descubrieron ciertos ARN que se comportaban como enzimas: se fragmentaban y se volvían a unir. Fueron denominados "**ribozimas**".

Se planteó una nueva teoría según la cual la primera "estructura viva" estaría constituida por ARN con capacidad de autorreplicación. Estas moléculas evolucionarían de forma que "aprenderían" a sintetizar proteínas que les sirvieran para mejorar su capacidad de replicarse. Después, el ARN sería sustituido por el ADN, molécula más estable y más capacitada para acumular la información genética.

[No obstante muchos biólogos interpretan que, en el "caldo" primitivo, se podrían haber producido moléculas con capacidad de copiarse a sí mismas: moléculas autorreplicantes. Sea cual fuere su naturaleza (dado que no se ha demostrado que tenga que ser ARN), estas moléculas podrían evolucionar por "selección natural":

Distintos polímeros se copiaron con "errores" (mutaciones), dando lugar a nuevas variedades. Aquellas con mayor capacidad de autorreplicación fueron las que "tomaron" del medio los monómeros necesarios para formar su copia. Competieron con las de menor capacidad de autorreplicación que acabaron por desaparecer. De esta manera, los mismos planteamientos básicos que hizo Darwin para explicar el origen de las especies se emplean hoy para entender la evolución prebiótica y explicar el origen mismo de la vida.

Otros investigadores siguen proponiendo a las proteínas como candidatas a primeras moléculas. También hay quien defiende que las primeras moléculas autorreplicantes podían ser inorgánicas, concretamente minerales, tales como los cristales de arcilla.

El conocimiento sobre el origen de la vida no se puede completar sin intentar explicar cómo tuvo lugar la aparición de la primera unidad con vida en sentido estricto: la célula. Entre los investigadores del origen de la vida ya se ha destacado en varias ocasiones a Alexander Oparin. Este científico ruso trabajó también durante muchos años en el estudio de las microgotas que se forman espontáneamente en disoluciones coloidales: los **coacervados**. Estas estructuras estaban separadas del medio, pero se relacionaban con él. Estaban formadas por polisacáridos y proteínas.

En los años cincuenta, Sidney W. Fox calentando aminoácidos, disolviéndolos en agua y enfriando la mezcla, obtuvo unas **microsferas** que contenían unas proteínas cortas que eran el resultado de la polimerización de los aminoácidos por el calor.

Ambas estructuras son capaces de producir sus propios componentes, aunque durante un tiempo limitado, y son sistemas abiertos que intercambian materia con el medio. Así pudo surgir el metabolismo, la otra característica esencial de la vida.



El mayor valor de los coacervados y las microsferas es que representan estructuras poli moleculares que son una buena analogía de las que pudieron ser antecesoras de las primitivas células].

Sin entrar de nuevo en el debate de si el gen formó la primera membrana o ésta llegó después a contener el gen, nadie duda que antes de surgir las primeras células, tuvieron que formarse estructuras con membranas. Las **membranas biológicas** están constituidas fundamentalmente por moléculas de proteínas y de lípidos. Los complejos, proteínas-grasas pueden formar espontáneamente finas películas o membranas en un medio acuoso. Es el comportamiento de estas moléculas frente al agua lo que las hace ordenarse de esa forma en el medio (recuerda cómo una gota de aceite se mantiene en el agua). En consecuencia, no existe ningún inconveniente que nos impida admitir que en el caldo primitivo se produjeron estructuras membranosas. Y si aparece un conjunto de moléculas limitado por una membrana, que intercambia materia o energía con el medio y que se reproduce, estamos ante la primera célula.

6.6. EVOLUCIÓN CELULAR Y EVOLUCIÓN BIOLÓGICA.

Recientemente se han conseguido pruebas de que la vida ya se había establecido en la Tierra hace más de 3.500 millones de años. En Australia y en Canadá se han encontrado fósiles de unas formaciones rocosas, llamadas **estromatolitos**, que tienen una antigüedad de más de 3.000 millones de años. En Groenlandia se encontraron unas rocas sedimentarias parcialmente fundidas que datan de hace unos 3.800 millones de años. La presencia de rocas sedimentarias prueba que ya existía el agua indispensable para la vida. En ellas se apreciaron indicios de carbono. [Los estromatolitos son una especie de cilindros redondeados en sus extremos de casi un metro de altura que están formados por cianobacterias que se rodean de una capa mucosa que retiene partículas de arena transportada por el agua del mar. estas partículas quedan cementadas por caliza. Como el crecimiento de las cianobacterias tiene lugar durante el día y por la noche predomina la sedimentación de partículas, el estromatolito contiene innumerables bandas paralelas horizontales. Tenemos la enorme suerte de contar con estromatolitos vivos en la actualidad en un solo lugar del mundo: una pequeña bahía al sur de Australia].

En todo caso, parece que la vida pudo originarse hace unos 3.800 millones de años con células semejantes a las bacterias actuales. La evolución a partir de estas células puede ser esquematizada de la siguiente manera:

1. Las primeras células serían procarióticas (como las bacterias). Se alimentarían de la materia orgánica presente en el "caldo primitivo" y, por lo tanto, serían heterótrofas anaerobias, ya que el oxígeno todavía no estaba presente en la atmósfera primitiva. (**Procariotas heterótrofas anaerobias**).

2. Algunas de estas "bacterias" serían capaces de producir pigmentos captadores de la energía de la luz. Comenzó así la fotosíntesis pero sin producción de oxígeno, ya que las fuentes de hidrógeno, necesarias en la fotosíntesis, serían los compuestos de azufre o el mismo hidrógeno atmosférico. Estas células fueron por lo tanto fotosintéticas anaerobias. (**Procariotas fotosintéticas anoxigénicas**). [Existen en nuestros días bacterias de este tipo]

3. En el siguiente paso, algunas células lograron obtener hidrógeno mediante la descomposición del agua, gracias a la energía de la luz que ya eran capaces de captar. De este modo surgió la fotosíntesis con producción de oxígeno (procedente del agua) que tan trascendente fue para la evolución posterior. Se originarían así las cianobacterias o algas cianofíceas, cuya eficacia metabólica condujo a la progresiva acumulación de oxígeno en la atmósfera. (**Procariotas fotosintéticas oxigénicas**).

4. La gran competencia que sufrieron las bacterias anaerobias hizo que éstas evolucionaran hacia la adquisición de un metabolismo que, no sólo no se vio destruido por el oxígeno, sino que comenzó a utilizarlo. Nace la respiración a cargo de las primeras bacterias



aerobias. (**Procariotas heterótrofas aerobias**). [Hay quienes creen que las células procariotas heterótrofas anaerobias desaparecieron cuando se consumieron todas las moléculas orgánicas que habría en el caldo primitivo y que las heterótrofas aerobias surgieron por evolución de algunas fotosintéticas aerobias].

5. Hace unos 1.800 millones de años, aparecieron las primeras **células eucariotas**, dotadas de compartimentos con membrana, como el núcleo, que encierra la información genética. Su complejidad y organización supuso otro cambio importante en la evolución. [Una teoría muy sugestiva, la **teoría de la endosimbiosis** (de la bióloga Lynn Margulis) propone que una gran bacteria anaerobia incorporó en su interior (por fagocitosis) una bacteria aerobia de menor tamaño. Se estableció entre ellas una relación simbiótica de modo que la bacteria pequeña fue la precursora (por evolución) de la mitocondria. Así se pudo formar la primera célula eucariótica de tipo animal. Un nuevo proceso de endosimbiosis se pudo haber establecido entre la célula eucariótica formada y otra célula procariota del tipo de las cianobacterias actuales. Ésta, más pequeña, podría haber dado lugar a los cloroplastos. Se formaría así el antepasado de la célula eucariótica vegetal. También postula que cilios, flagelos y centríolos procederían de ciertas bacterias por el mismo proceso. En 2º de Bch. se comentarán las pruebas de esta teoría. Finalmente algunas células formarían colonias, origen de los seres pluricelulares. La simbiosis es un tipo de asociación entre individuos de diferente especie que viven juntos y se benefician mutuamente].

6.7. CONSIDERACIONES FINALES.

Si bien no se ha podido fabricar todavía ninguna célula en laboratorio, los conocimientos actuales nos permiten aventurar que ello se debe a que el **tiempo** es un factor que no admite ser comprimido, o lo que es lo mismo, se puede trabajar con pequeñas cantidades de productos en el laboratorio (un matraz en lugar de un océano), pero no con pequeñas cantidades de tiempo (un mes o un año no son lo mismo que cien millones de años) y para que al azar puedan originarse moléculas y estructuras interesantes hay que hablar de grandes períodos de tiempo. Hay que tener imaginación para creer esto, pero siempre resultará una explicación más sugestiva que recurrir a la magia o a lo sobrenatural para pensar en nuestro origen, en el origen de la vida ¿o no?

Reflexiona un poco: En el universo hay unas 10^{22} estrellas. Es de suponer que habrá muchas de ellas con planetas y que algunos planetas tendrán composiciones y características semejantes a la Tierra. ¿Crees que por tanto la vida un fenómeno exclusivo de nuestro planeta o por el contrario es razonable pensar que no somos los únicos habitantes del universo?