

TEMA 22

EL ORIGEN DE LA VIDA Y SU INTERPRETACIÓN HISTÓRICA. EVOLUCIÓN PRECELULAR. LA TEORÍA CELULAR Y LA ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS.

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Generación espontánea.
- 1.2. Redi.
- 1.3. Pasteur.

2. FORMACIÓN DE LA TIERRA.

3. SÍNTESIS PREBIÓTICA: OPARIN Y MILLER

- 3.1. Formación de biomoléculas complejas: Fox.
- 3.2. Sistema metabólico aislado.

4. EVOLUCIÓN DEL PROGENOTA.

5. EVOLUCIÓN CELULAR.

6. METABOLISMO DE LAS PRIMERAS CÉLULAS.

7. OTRAS HIPÓTESIS:

- 7.1. EL origen de la vida en los humeros.
- 7.2. Hipótesis extraterrestres.
 - 7.2.1. La panspermia dirigida.
- 7.3. La pirita como soporte sólido.
- 7.4. Las arcillas como unidades autorreplicativas.

8. TEORIA CELULAR.

9. LA ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS.

10. BIBLIOGRAFÍA.

TEMA 22

EL ORIGEN DE LA VIDA Y SU INTERPRETACIÓN HISTÓRICA. EVOLUCIÓN PRECELULAR. LA TEORÍA CELULAR Y LA ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS.

1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente conocemos la estructura y funcionamiento de muchos de los componentes celulares, pero también nos preguntamos cómo surgieron las primeras biomoléculas y de qué modo reaccionaron para formar las primeras células.

Hasta hace poco, estas preguntas eran una mera especulación. No obstante, en los últimos treinta años se han descubierto diversas evidencias que permiten realizar conjeturas fundamentales sobre el origen de la vida.

1.1. La generación espontánea.

Para nuestros antepasados no era fácil contestar a las preguntas sobre el origen de los seres vivos y la materia que los forman. Desconocían la complejidad bioquímica y celular que hoy sabemos que caracteriza a los seres vivos, ya que hasta el siglo XVII no se construyeron los primeros microscopios que permitieron descubrir pequeños organismos y células. Por ello, las primeras creencias sobre el origen de la vida eran filosóficas. Estas ideas derivaban de Aristóteles (siglo IV a.C.) y perduraron hasta la mitad del siglo XIX, las cuales postulaban que la vida se originaba a partir de materia inorgánica mediante la "entelequia", o fuerza sobrenatural capaz de dar vida a lo que no lo tenía. La iglesia apoyó esta teoría por lo que fue tomando fuerza como una corriente denominada "vitalismo".

Entre los vitalistas más conocidos destaca VAN HELTMON (1667), que era un médico holandés y autor de numerosos libros sobre plantas, llegó a relatar fantásticas fábulas sobre el origen de los seres vivos, entre ellas hay algunas muy curiosas como la siguiente receta para poder obtener ratones vivos (recogida de su libro *Ortus medicinae*):

“Se llena un recipiente de trigo que se cierra con una camisa sucia, preferentemente de mujer y al cabo de unos días un fermento procedente de la camisa, transformado por el olor de los granos, cambia en ratones al propio trigo”.

Durante muchos siglos perduraron las ideas que relacionaban el origen de los seres vivos con la materia orgánica en descomposición, creencias que se basaban, entre otras cosas, en observaciones cotidianas: gusanos que nacen del fango, insectos de la carne en descomposición, ratones y moscas en estercoleros y basuras etc.

1.2. F. Redi.

El primer científico que se cuestionó seriamente la teoría de la generación espontánea fue el italiano FRANCESCO REDI (1626-1697).

Redi quería demostrar que las larvas de mosca que aparecían en la carne en descomposición provenían de las propias moscas y no de la carne. Para comprobarlo realizó un sencillo experimento: colocó trozos de carne en varios frascos, algunos de los cuales tapó con una gasa que dejaba pasar el aire, pero no a las moscas. Al cabo de unos días pudo comprobar que aparecían larvas y moscas solo en los frascos destapados. Recogió las larvas y observó como pasado un



tiempo se transformaban en moscas. Redi concluyó que las larvas no procedían de la carne, ni habían aparecido espontáneamente.

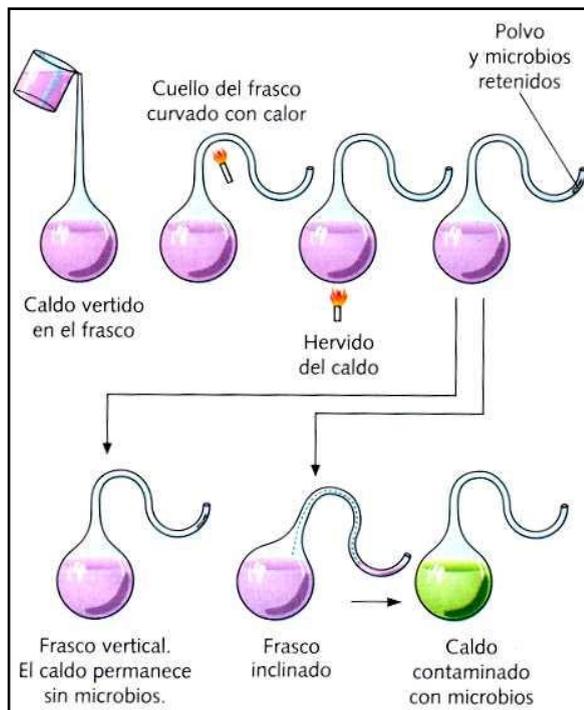
Francesco Redi fue el primer científico que utilizó un procedimiento experimental para comprobar una hipótesis. Aunque sus experimentos no fueron suficientemente convincentes en aquella época, abrieron el camino para otros posteriores.

A partir de ese momento la situación se fue complicando, con partidarios de una y otra teoría, hasta tal punto que la Academia de Ciencias de París decide dar un premio a la persona que demuestre la veracidad o falsedad de la generación espontánea.

1.3. Pasteur.

Fue LOUIS PASTEUR, ya en el siglo XIX, quién logró demostrar la falsedad de la tradicional creencia en la generación espontánea. Pasteur comprobó que son los microorganismos del aire los que descomponen los medios de cultivo.

Para ello realizó una sencilla experiencia con unos matracos muy particulares que impedían la llegada de los microorganismos al medio de cultivo que había sido previamente esterilizado por calor, estos recipientes se conocen como “matracos de cuello de cisne”.



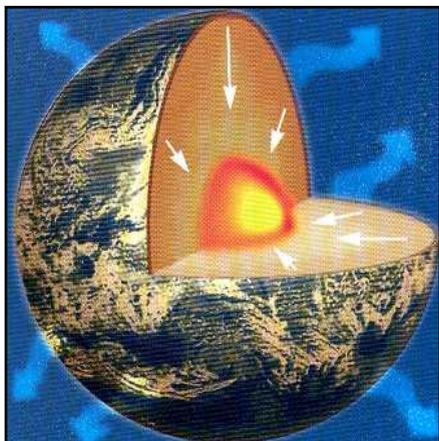
devuelta al matraz entonces aparecían microorganismos en ésta.

Pasteur concluyó que todo ser vivo, independientemente de su tamaño, proviene de otro ser vivo, y de que la vida no puede aparecer espontáneamente de la materia orgánica en descomposición, con lo cual la falsedad de la generación espontánea había sido demostrada.

Pero surge la siguiente pregunta: ¿Cómo aparecieron los primeros seres vivos? Esta cuestión, probablemente la más importante que se haya planteado la humanidad, ha dado origen a numerosas investigaciones y para contestarla tenemos que remontarnos al origen de la Tierra.

2. FORMACIÓN DE LA TIERRA.

La utilización por parte de los geólogos de avanzadas técnicas de datación, ha permitido fechar muchos sucesos, entre ellos la edad de la tierra que se supone es de unos 4600 millones de años, y es el resultado de la condensación de polvo cósmico y gases interestelares.



Parece ser que las temperaturas que alcanzaron los planetas en su proceso de formación oscilaban entre los 1000°C y 3000°C. Estas temperaturas fueron descendiendo progresivamente, lo que obligó a los materiales de alto punto de fusión a solidificarse, de tal manera que los más pesados quedaran concentrados en un

núcleo central (Hierro y Níquel) rodeado de una capa de materiales más ligeros (Silicio y Aluminio).

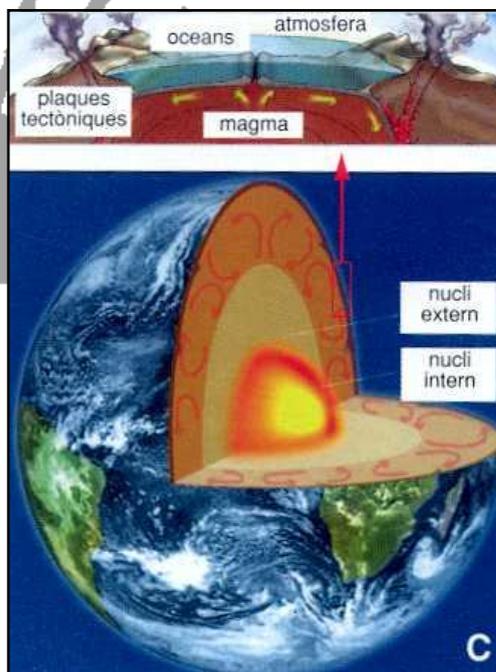
Las sustancias de punto de fusión más bajo y ligeras, quedaron en estado gaseoso, constituyendo la primitiva atmósfera.

Esta tuvo que ser más o menos la misma para todos los planetas y, según todo los indicios, debía estar formada por agua, metano, amoniaco e hidrógeno. Como vemos ausencia total de oxígeno. La carencia de este gas y la presencia de hidrógeno abundante, conferían a la atmósfera un elevado poder reductor, es decir un medio con abundantes reacciones químicas que suponen la incorporación de hidrógeno a compuestos y elementos.

Posteriormente, las condiciones de cada planeta hicieron evolucionar esta capa gaseosa de forma diferente. Así, la distancia al sol y la diferente masa configuraron para cada uno una atmósfera característica, por ejemplo, los más alejados al sol y de mayor masa conservaron la atmósfera, mientras que los más cercanos y de poca masa, debido a su elevada temperatura y poca gravedad, perdieron su envoltura gaseosa primitiva.

En el caso de la Tierra, su distancia al sol y su masa le confieren una gravedad intermedia que permitieron su lenta evolución y proporcionaron las condiciones adecuadas para que en esta atmósfera se diera el ambiente idóneo para la formación de las primeras moléculas orgánicas.

Como el agua es tan importante y necesaria para los seres vivos, se nos hace difícil imaginar un origen sin ella, parece ser que cuando la temperatura de la Tierra descendió el vapor de agua presente en la atmósfera precipitó en forma de lluvias torrenciales, dando lugar a los océanos. Pero hay que tener en cuenta que sin una masa gravitatoria suficiente para retener su atmósfera, la Tierra sería tan pobre en agua como la luna, si su órbita hubiese estado más próxima al sol, el vapor de agua nunca hubiera podido condensarse en forma líquida, si hubiese estado más lejos, toda su superficie estaría helada. Por tanto, **el tamaño de la Tierra, su composición y distancia al sol, favorecieron el origen de la vida sobre la misma.**



3. LA SÍNTESIS PREBIOTICA.

Como las macromoléculas de todas las especies de organismos vivos, están constituidas por solamente unas pocas docenas de moléculas sencillas, se ha sugerido que todos los organismos pueden descender de una línea celular primordial. Pero se plantea un dilema, los componentes orgánicos, entre ellos las biomoléculas básicas, sólo aparecen en cantidades mínimas en la corteza terrestre. Entonces, ¿Cómo adquirieron los primeros organismos vivos sus sencillas moleculares orgánicos?

Hoy parece obvio afirmar, que los primeros seres vivos no podían haber aparecido a no ser que esos elementos básicos esenciales de los mismos se hubiesen sintetizado por medio de mecanismos prebióticos.

Cuando, en 1938 OPARIN formuló su hipótesis sobre el origen de la vida, causó una gran conmoción. Sugirió que al comienzo de la historia de la Tierra, se hallaban presente muchos compuestos químicos diferentes en sus aguas superficiales, y que procesos físicos y químicos diferentes pudieron haber conducido a la formación espontánea de compuestos orgánicos sencillos, a partir de los componentes de la atmósfera primitiva de diferente composición a la actual.

A esta primera fase la denominó fase de **síntesis abiótica o química**.

De acuerdo con su teoría, la atmósfera primitiva estaba formada principalmente por: agua, metano, amoníaco e hidrógeno. Al no contener oxígeno era reductora a diferencia de la actual que es oxidante. Este carácter reductor favorece la formación de polímeros a partir de los monómeros correspondientes y dificulta su hidrólisis una vez formados.

Las reacciones químicas que podían producirse eran favorecidas por los aportes energéticos procedentes de:

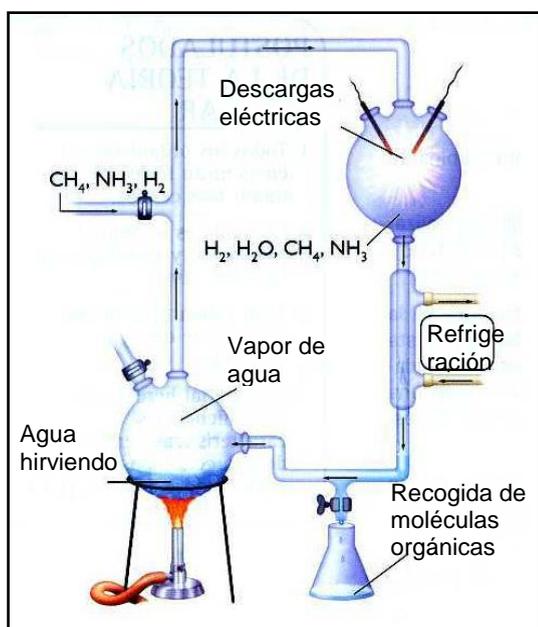
- Radiaciones solares, principalmente de luz ultravioleta, dado que no existía capa de ozono.
- Descargas eléctricas en forma de relámpagos.
- Acción del calor desprendido de actividades volcánicas.
- Ciclos alternantes de días cálidos y noches frías.
- Radiactividad de algunos minerales que formaban la corteza.

Estos aportes de energía sobre las moléculas que formaban la atmósfera primitiva permitieron las reacciones químicas que posibilitaron la formación de compuestos orgánicos simples como el HCN (ácido cianhídrico) y HCOH (formaldehído) a partir de los cuales se pueden formar los aminoácidos, las bases púricas y pirimidínicas y los azúcares.

Estos compuestos se diluían en los océanos primitivos, que se iban

enriqueciendo, durante centurias, de materia orgánica. Oparín sugirió que la primera célula viva apareció de modo espontáneo en esta disolución de compuestos orgánicos, a la que se le conoce como sopa o caldo primitivo.

Uno de los primeros experimentos que apoyaron la teoría de Oparín fue el realizado por MILLER en 1953, que colocó una mezcla de gases que presuntamente formaban la atmósfera primitiva, metano, amoníaco, hidrógeno y vapor de agua en un recipiente esférico de vidrio, al que conectó varios electrodos.



Durante una semana, más o menos, sometió estos gases a descargas eléctricas para simular relámpagos (60.000 voltios, semejantes a las que se producen en algunas tormentas).

Los productos obtenidos eran arrastrados por el vapor de agua y, tras condensarse en un serpentín, se depositaban en el recipiente. Al analizar los productos comprobó que la fase gaseosa contenía monóxido de carbono, dióxido de carbono y nitrógeno que se formaron evidentemente de los originales. En el condensado, de color oscuro, encontró cantidades significativas de sustancias orgánicas solubles en el agua, entre los que identificó más de 10 aa distintos

y diversos ácidos orgánicos sencillos (ac. acético por ejemplo). Miller sugirió que el HCN, sustancia muy activa, se formó a partir del metano y el amoníaco y que reaccionó después con otros componentes de la mezcla gaseosa para dar lugar a algunos aa.

Tras esta experiencia, se realizaron otras en las que se utilizaron distintas fuentes de energía y diferentes mezclas de gases, que condujeron a la síntesis de otras moléculas, como el ATP y las bases nitrogenadas.

Tras 30 años de experiencias de este tipo, podemos llegar a la conclusión de que existen muchos caminos que pueden haber contribuido a la síntesis prebiótica.

A la vista de estos resultados, podemos suponer que los océanos primitivos eran ricos en compuestos orgánicos, entre los que cabe incluir la mayoría de las unidades básicas que forman parte de nuestras células.

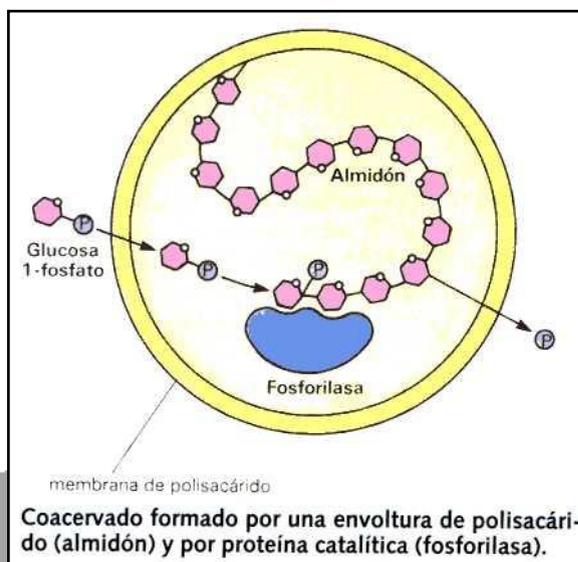
Posiblemente estos precursores de las biomoléculas, se unieron para formar moléculas más grandes por medio de mecanismos de condensación secuencial, en los que se eliminan moléculas de agua y se forman polímeros. De ese modo, a medida que se fue enfriando el caldo primitivo, fueron apareciendo oligonucleótidos, péptidos y oligosacáridos.

3.1. Formación de biomoléculas complejas: Fox.

El paso siguiente debió de consistir en la formación de moléculas complejas, localizadas en un sistema metabólico aislado. El metabolismo requiere control químico, y éste sólo es posible si el sistema se aísla del medio. Si aceptamos que la evolución química condujo al metabolismo, deberemos demostrar que el aislamiento molecular pudo ocurrir espontáneamente.

Oparín mezcló proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos y comprobó que esas moléculas se podían asociar en pequeñas esferas, a las que denominó **COACERVADOS**, cuya permeabilidad frente al medio exterior era selectiva.

FOX y sus colaboradores calentaron aa en ausencia de agua y observaron la formación de largas cadenas de polipéptidos, lo que hace pensar que la polimerización se produjo fuera del caldo primitivo: los monómeros, arrastrados por el agua, fueron depositados en zonas cálidas cercanas a volcanes, y en este estado sólido, se polimerizaron, favorecidos por la temperatura.



Además observaron y comprobaron que cuando estas largas cadenas de polipéptidos las ponían en contacto con agua caliente y enfriaban la mezcla se formaban **pequeñas microsferas** que tendían a acumular sustancias en su interior. Cuando añadieron moléculas de lípidos observaron la formación de una especie de membrana lípido-proteica, semejante a una membrana celular.

Ni la microsferas ni los coacervados son seres vivos; son únicamente el resultado de la interacción del agua con ciertas moléculas orgánicas complejas.

Sin embargo, la formación de estos compartimentos pudo ser el principio de una serie de procesos químicos que se inició con el aislamiento de polímeros, alguno de los cuales pudo actuar como precursor de un ácido nucleico.

4. EVOLUCIÓN DEL PROGENOTA.

Los sistemas biológicos precursores de las primeras células debían poseer al menos dos propiedades:

- la replicación: que permite la formación de moléculas idénticas a la progenitora.
- la evolución: que permite la capacidad de adaptarse mejor al medio.

El antecesor común a todas las células fue el progenota este sistema biológico contenía ADN, que le permitía traducir la información genética y sintetizar proteínas.

Los pasos que debería seguir la evolución hasta el progenota pueden resumirse del siguiente modo:

* Formación aleatoria de polimeros de ARN, capaz de dirigir su propia replicación por apareamiento de bases complementarias.

* Aparición de un código genético que permitiera la transcripción y realización del ARN. (Al principio los ARN actuaban como enzimas, pero como las proteínas poseen mejores propiedades catalíticas que aquellos, una presión selectiva muy intensa forzó el desarrollo de un mecanismo que asegurase la formación de proteínas útiles. Uno de esos mecanismos permitió que polímeros de ARN dirigiesen la síntesis de proteínas, algunas de las cuales pudieron catalizar muchas reacciones químicas, incluida la síntesis de otras proteínas y moléculas de ARN.

* Formación de una membrana lipídica que rodeara a las moléculas. impidiendo que los compuestos sintetizados se perdiesen en el medio.

* Sustitución posterior del ARN por el ADN como material hereditario, ya que es más estable químicamente.

Hay muchas razones para afirmar que el ARN fue la primera molécula capaz de transportar información hereditaria en detrimento del ADN. Entre dichas razones cabe citar las siguientes:

- Se están descubriendo continuamente moléculas de ARN con capacidad enzimática, papel que nunca se ha asignado al ADN.
- En condiciones prebióticas, la ribosa se sintetiza mucho antes que la desoxirribosa.
- Los precursores de ADN siempre se sintetizan por la reducción de nucleósidos difosfato de ARN.
- La polimerización de formaldehído, que es una de las primeras moléculas que aparecen en la síntesis prebiótica, produce RIBOSA pero no desoxirribosa.

5. EVOLUCIÓN CELULAR.

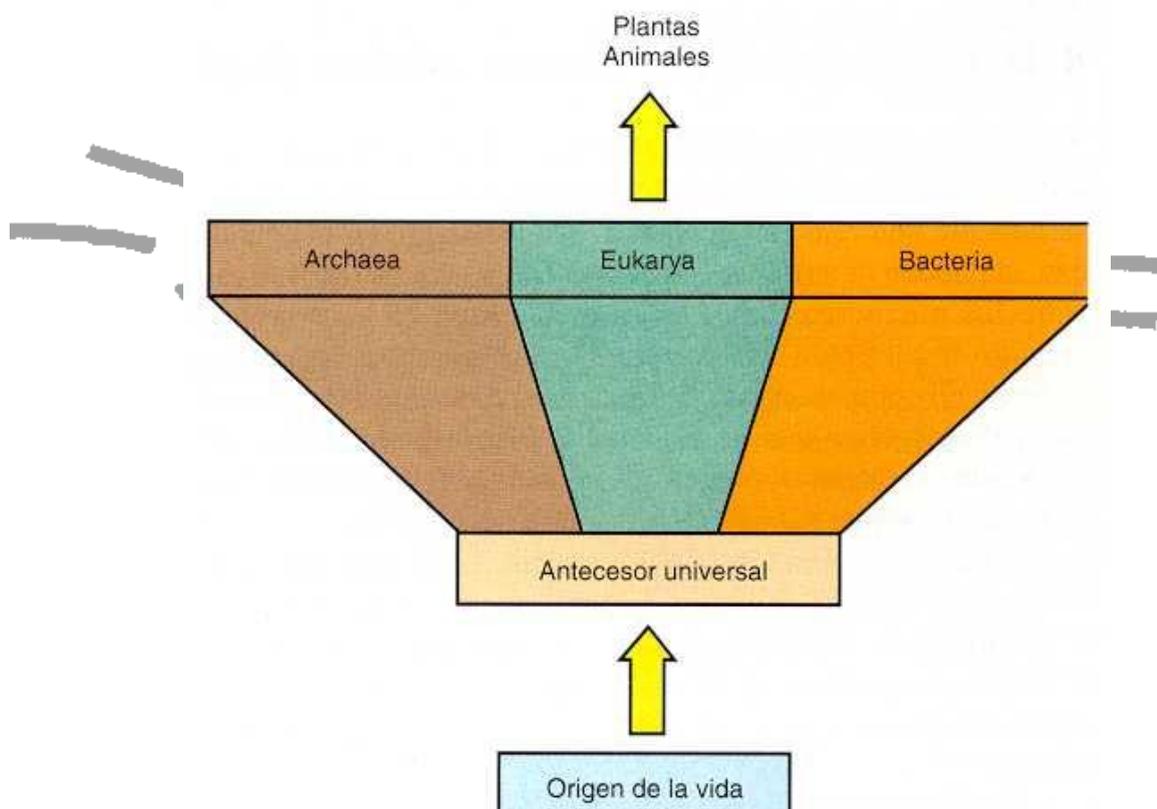
El primitivo PROGENOTA poseía en su ADN regiones codificantes o exones y regiones no codificantes o intrones, así como ribosomas para traducir la información genética en proteínas según el código genético actual.

De su evolución derivan tres líneas principales:

I. Antecesores de las ARCHIBACTERIAS, pequeño grupo de bacterias con un metabolismo poco usual, entre las que cabe destacar las bacterias del azufre, las que viven en condiciones salinas extremas y las que reducen el dióxido de carbono a metano.

II. Antecesores de las EUBACTERIAS, que incluye las bacterias normales y las algas azules. Algunas de las desarrollaron mecanismos de fotosíntesis, con la formación de unos primitivos cloroplastos, y de mecanismos de fosforilación oxidativa, para aprovechar mejor la oxidación de la glucosa, en un ambiente aeróbico, por medio de primitivas mitocondrias.

III. Antecesores de las células EUCARIÓTICAS que tras un proceso de evolución muy lenta, se pudo fusionar con dos tipos de eubacterias. El eucariota ancestral dio origen al núcleo moderno y las bacterias a los cloroplastos y mitocondrias. Según este punto de vista, los genomas bacterianos se encuentran relativamente libres de intrones porque tienen muchas más generaciones de evolución que los eucariotas, que no han eliminado los intrones al haber dispuesto de mucho menos tiempo para



evolucionar.

6. METABOLISMO DE LAS PRIMERAS CÉLULAS.

La hipótesis de Oparín establece que los primeros organismos, los progenotas, fueron heterótrofos anaerobios, que se alimentaban de la materia orgánica que existía en el caldo primitivo, y como no tenía oxígeno la degradación de los materiales energéticos para obtener energía debió, sin duda alguna, realizarse por medio de fermentaciones.

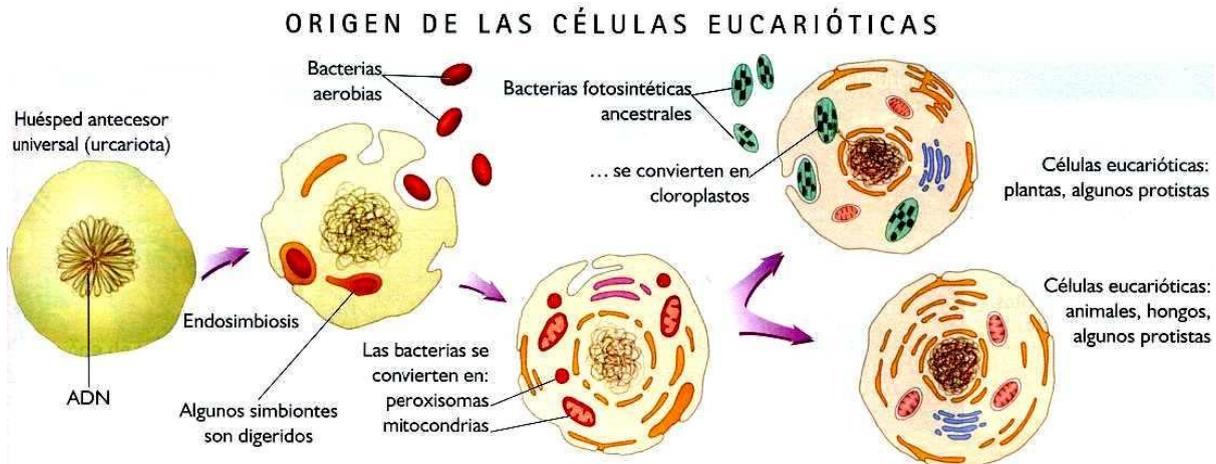
Una nutrición de este tipo tuvo que acabar, en un plazo más o menos largo con la materia orgánica de los océanos, ya que las condiciones de la Tierra en esos momentos no permitían la síntesis continua de nueva materia orgánica.

Esto obligó a que algunos de los primitivos microorganismos empezaran a utilizar materia inorgánica como base para construir la orgánica que necesitaban. Se inicia el autotrofismo, y con él el progresivo enriquecimiento del medio acuático en oxígeno y la síntesis de materia orgánica aprovechable por aquellos organismos que no lograron ser autótrofos, éstos al disponer de oxígeno pudieron encontrar un medio más eficaz de obtención de energía, degradando esta materia por vía aerobia; (se obtiene más energía de la oxidación de una molécula de glucosa que de la fermentación de la misma.), por este motivo las fermentaciones fueron haciéndose cada vez más escasas.

Progresivamente en la atmósfera iba aumentando la concentración de oxígeno, y una vez oxidados los metales de la litosfera, poco a poco se fue formando la capa de ozono, mitigando las radiaciones ultravioletas del sol, preparándose así el medio terrestre para recibir, varios miles de años después, las primeras especies de vida no acuática.

El segundo gran paso en la evolución celular se dio hace unos 2100 millones de años, con la aparición de las células eucarióticas; sin ese paso posiblemente no se hubieran formado los seres vivos superiores.

La hipótesis simbiótica sostiene que el origen de las células eucarióticas, está en grandes células procarióticas anaerobias a las que se incorporaron pequeñas células procarióticas aerobias y fotosintéticas. Estas últimas fueron las precursoras de los cloroplastos y mitocondrias cuyas estructuras les permitieron extraer energía de la luz solar o de combustibles orgánicos.



7. OTRAS HIPÓTESIS SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA.

A pesar de que la hipótesis formulada por Oparín y sus seguidores figura ya en muchos libros de texto, en el transcurso de los últimos años muchos de sus puntos aparecen seriamente cuestionados.

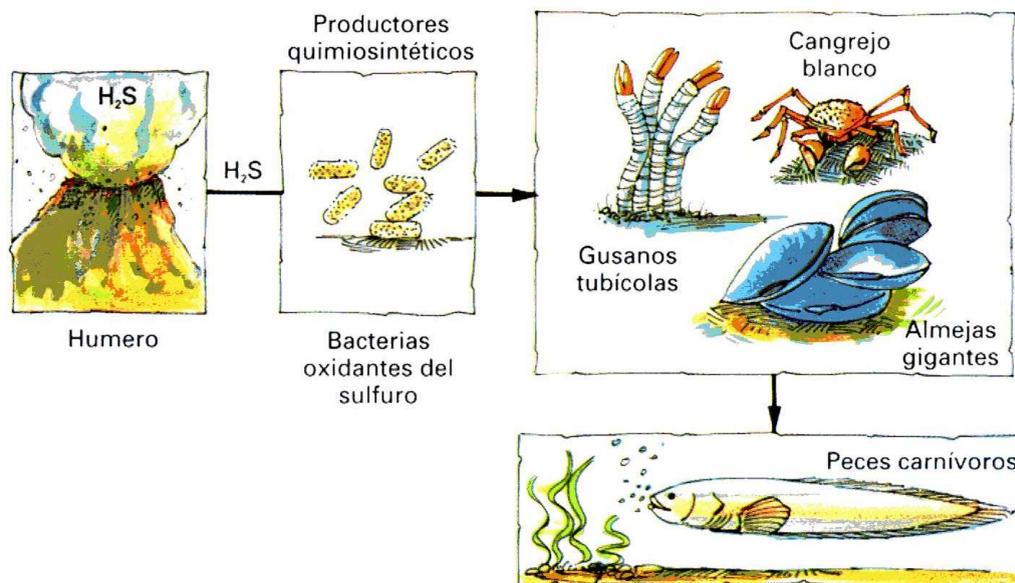
Se piensa que existe una gran dificultad para la síntesis del ADN en las condiciones que probablemente prevalecieron durante el origen de la vida, siendo además muy difícil el proceso de "autocopia". Para complicar más las cosas, los descubrimientos recientes sugieren que la atmósfera primitiva carecía de metano y amoníaco, con lo que la síntesis abiótica sería difícil de suponer. Además los estudios de los cráteres lunares indican que la Tierra estuvo sometida a un bombardeo incesante por enormes cometas y meteoritos. "Da la impresión de la que la vida no se originó en una charca templada y tranquila, sino en el centro de una gran tempestad".

Sin embargo, a medida que el viejo paradigma se tambalea, surgen otras teorías, algunas nuevas y otras remozadas:

7.1. El origen de la vida en los humeros.

Como hemos anunciado antes, ciertas investigaciones sobre la composición de la atmósfera primitiva, no tan reductora como se pensaba y los efectos de los impactos meteoríticos, han llevado a pensar a ciertos autores en la posibilidad de que la vida no se incubara en charcas marinas someras sino en el fondo de los océanos.

Concretamente en unos manantiales o surgencias hidrotermales conocidos como HUMEROS que se encuentran en ciertos lugares a más de 2000 m de profundidad donde la roca fundida se haya justo debajo del fondo marino y surge agua caliente del interior de la Tierra. En algunos casos estos chorros van cargados de gases y minerales que tiñen el agua de negro. En estos chorros crecen bacterias anaerobias que obtienen su energía del Sulfuro de Hidrógeno y otros compuestos expulsados por el agua caliente. Estas bacterias son los productores de algunos



ecosistemas independientes de la luz, descritos en las dorsales oceánicas.

Un apoyo importante de esta teoría, procede del estudio de los microorganismos que habitan estas zonas. Algunos de ellos se han identificado como ARQUIBACTERIAS, las cuales parecen haber sufrido menos cambios evolutivos que cualquier otra especie viva. Todas las arqueobacterias prefieren ambientes cálidos, algunas aguantan temperaturas de hasta $120^{\circ}C$ y ciertas especies prefieren un ambiente ácido, anóxico y con flujo estable de azufre, condiciones que precisamente se dan en los humeros.

Por lo tanto, estos humos termales podrían haber proporcionado la protección y el flujo constante de energía y nutrientes necesarios para producir la materia animada. Aunque algunos autores sugieren que aunque las surgencias termales no hayan sido el origen primario de la vida, si pueden secundariamente haber hospedado las formas primordiales de vida que de alguna forma huían de los devastadores impactos meteoríticos.

¿Cómo se forman estos manantiales calientes?

Los manantiales calientes se forman cuando el agua se filtra por grietas del fondo marino y se encuentra con roca fundida justo debajo de la superficie. El agua

entonces se calienta mucho y asciende llevando con ella minerales disueltos. Cuando el agua ardiente se encuentra con el agua fría del fondo del mar, algunos de los minerales se solidifican y forman altas chimeneas. Otros forman partículas y se dispersan por encima de las chimeneas en forma de "humo". La enorme presión evita que el agua hierva, aunque llega a temperaturas de 315° a 345° C. Los científicos creen que estos manantiales existen desde que los continentes empezaron a separarse.

7.2. Hipótesis extraterrestres.

Recientes estudios indican que la composición de la atmósfera durante el periodo en que surgió la vida podría no haber sido muy favorable para la síntesis de compuestos orgánicos como se había pensado. En los últimos años los geoquímicos planetarios piensan que la composición de la atmósfera primitiva estaba gobernada por la química del manto y de la corteza, y las pistas que tenemos sobre esta química apuntan hacia una atmósfera temprana rica en dióxido de carbono y nitrógeno molecular, lo que hace concluir que ni la Tierra, ni los otros planetas tuvieron nunca una atmósfera primitiva de amoníaco y metano como la que Miller utilizó, sino más bien una neutra o suavemente reductora con dióxido de carbono, nitrógeno y agua.

Si este hubiese sido el caso, los experimentos de laboratorio demuestran que en una atmósfera como la indicada es muy improbable que se produzca la síntesis de compuestos orgánicos necesarios para la vida.

Bajo este supuesto es necesario, por tanto, abrir la puerta a la posibilidad de que la fuente de compuestos orgánicos haya sido extraterrestre tales como asteroides, meteoritos, cometas y partículas de polvo interplanetarias.

Los cometas y algunos asteroides son ricos en aquellos elementos necesarios para el origen de la vida. Estos cuerpos pudieron haber fertilizado la superficie de la Tierra con agua y elementos biológicamente críticos como el Carbono y el Nitrógeno. Además los cometas y algunos asteroides son ricos en moléculas orgánicas.

Otros compuestos orgánicos extraterrestres caen a la Tierra en forma de partículas de polvo interplanetarias, estas son lo suficientemente pequeñas como para decelerarse completamente en la alta atmósfera antes de ser calentadas lo suficiente como para desintegrarse. Las partículas de polvo interplanetarias caen lentamente sobre la superficie de la Tierra y contiene alrededor del 10 % de materia orgánica.

Según recientes tesis de Christopher Hyba y Carl Sagan, parece ser que tuvo una importante influencia en el origen de la vida el gran bombardeo meteorítico que ocurrió en la Tierra anteriormente a los 3500 millones de años.

7.2.1. La panspermia dirigida.

La teoría de la panspermia fue propuesta a finales del siglo pasado por el químico sueco Arrhenius y decía que los microorganismos que pululaban por el Universo hicieron de semilla de la vida en la Tierra.

Grandes científicos se han adscrito a esta hipótesis, entre ellos Francis Crick (1985) que formuló una versión más extremista a la que llamó panspermia dirigida.

“Esta teoría supone que la Tierra fue sembrada por microorganismos que viajaron en la cabeza de una nave espacial no tripulada enviados a la Tierra por una civilización superior que se habría desarrollado en algún lugar de nuestra galaxia hace algunos miles de millones de años. Cuando estos microorganismos fueron dejados caer en nuestro océano primitivo y comenzaron a multiplicarse, podemos decir que empezó la vida sobre nuestro planeta”.

Actualmente esta teoría no goza de muchos seguidores, incluso el propio autor ha comentado alguna vez que fue concebida como una broma, para dar a entender que el origen de la vida es como un milagro por la cantidad de condiciones especiales que debieron cumplirse para que se pusiera en marcha, y lo único que hace es trasladar la solución del origen de la vida a otro punto de la Galaxia o del Universo, y este aún sigue siendo un enigma.

7.3. La pirita como soporte sólido.

Como decíamos en la introducción de este punto, los experimentos realizados para comprobar la hipótesis del mundo del ARN han demostrado la dificultad de sintetizar este ácido nucleico en las condiciones que probablemente se dieron durante el origen de la vida y que las moléculas no pueden autocopiarse con tanta facilidad.

Wächtershäuser, abogado y químico alemán, propone que la autorreplicación no ocurrió en solución, sino en alguna superficie sólida, tal como la pirita, que es un mineral metálico formado por un átomo de hierro y dos de azufre. La pirita, que se ha encontrado también en los humeros o surgencias termales y en otras muchas partes, posee una superficie cargada positivamente donde pueden engarzarse compuestos orgánicos sencillos. La continua formación de pirita a partir de hierro y azufre produce energía en forma de electrones necesaria para que los compuestos orgánicos reaccionen unos con otros y aumenten su complejidad.

El poder de los cristales

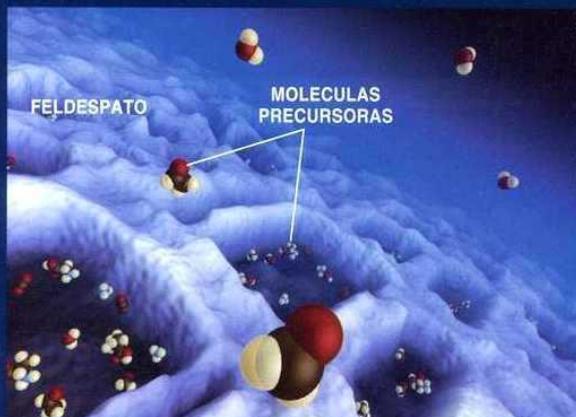
Nada más inanimado que las piedras. ¿Cómo podrían haber contribuido las rocas —o los minerales que las constituyen— a la aparición de la vida? La respuesta está en la química. A partir de moléculas sencillas, los minerales adquieren estructuras ordenadas mediante reacciones químicas. Por la misma razón, todos los seres vivos —de las bacterias a los murciélagos— deben su capacidad de crecer y la ejecución de sus funciones a los cientos de reacciones químicas que se producen en el interior celular.

Hace cuatro mil millones de años no había vida en la Tierra: la química, no la biología, transformó la superficie del planeta. En aquellos tiempos remotos los minerales —junto con los océanos y la atmósfera— eran las únicas materias primas disponibles. Las reacciones químicas, pues, hubieron de dar los primeros pasos en los orígenes de la vida. Una secuencia de transformaciones químicas podría haber reconfigurado los componentes más simples del aire, del agua y las rocas en conjuntos primitivos de moléculas con esqueleto de carbono, capacitadas para replicarse a sí mismas.

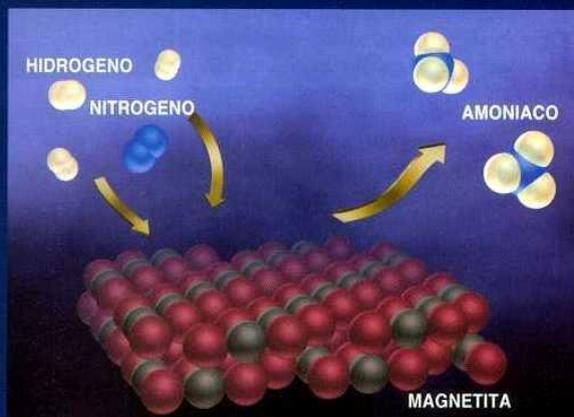
Nuevos experimentos están descubriendo que seguramente no hubieran sido posibles las transformaciones fundamentales sin la ayuda de minerales que hicieron de recipientes, moldes, catalizadores y reactivos.



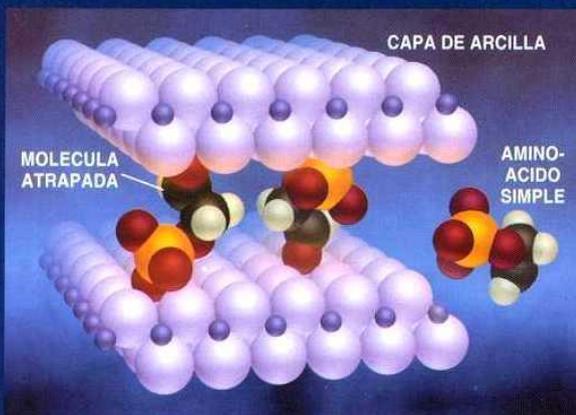
MOLDES. El mineral calcita atrae los aminoácidos levógiros y dextrógiros hacia caras diferentes del cristal. Este proceso de clasificación podría explicar por qué las moléculas biológicas son levógiros.



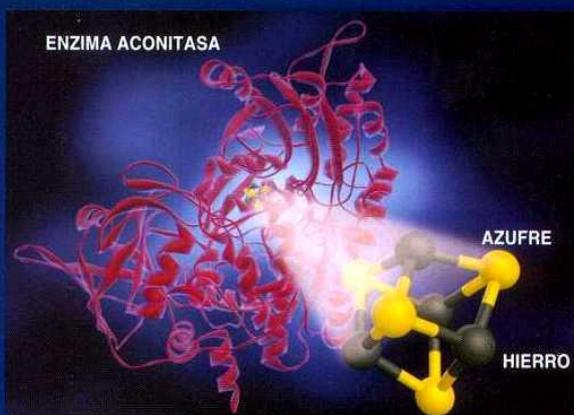
RECIPIENTES. En las superficies erosionadas del feldespato y de otros minerales comunes aparecen abundantes hoyuelos microscópicos. Esas cámaras minúsculas podrían haber protegido de las radiaciones letales a las moléculas precursoras de la vida.



CATALIZADORES. La magnetita, un mineral de óxido de hierro, puede desencadenar la recombinación del nitrógeno y el hidrógeno gaseosos en amoníaco, el grupo químico esencial del que obtienen nitrógeno las células.



ANDAMIOS. Los minerales estratificados, las arcillas, por ejemplo, pueden atrapar moléculas orgánicas errantes entre sus rígidas capas de átomos. Mantenido cerca unas de otras, las moléculas simples pueden reaccionar y formar complejos.



REACTIVOS. El hierro y el azufre, los elementos que forman el centro activo de ciertas enzimas como la aconitasa, pueden liberarse por disolución, bajo temperaturas y presiones extremas, de minerales de sulfuro de hierro.

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, junio, 2001

Según esta hipótesis, la primera célula pudo haber sido un grano de piritita rodeado por una membrana de compuestos orgánicos. Dicha 'célula' podría autorreplicarse si fuera capaz de formar yemas cristalinas que, una vez englobadas en su correspondiente membrana, quedasen libres.

7.4. Las arcillas como unidades autorreplicativas.

Cains-Smith, químico de la Universidad de Glasgow, también propone que la vida se originó sobre un sustrato sólido, aunque él prefiere los cristales de arcilla.

Según dice, todo cristal está formado por unidades autorreplicativas, pero los cristales de arcilla tienen suficiente complejidad como para mutar y evolucionar de forma parecida a como lo hace la vida. Algunas arcillas pudieron mejorar su potencial reproductor, desarrollando la capacidad de atraer o sintetizar compuestos orgánicos, como ácidos nucleicos y proteínas. Con el tiempo los compuestos orgánicos llegaron a ser tan refinados que comenzaron a replicarse y evolucionar.

8. LA TEORÍA CELULAR.

Aunque hoy parezca obvio que los seres vivos están formados por células, las bases de esta teoría no fueron establecidas hasta mediados del siglo XIX y no fue aceptada con facilidad por los científicos de la época.

El establecimiento de la teoría celular que en esencia postula que todos los organismos vivos están formados por células, fue la consecuencia de muchas investigaciones iniciadas en el siglo XVII con el desarrollo de las lentes ópticas y su combinación para construir el microscopio compuesto.

En este siglo se produjeron dos hechos decisivos.

* El holandés A. VAN LEEWENHOEK, construye el primer microscopio, realizando abundantes observaciones de microorganismos.

* En 1665, ROBERT HOOKE describe la estructura de una laminilla de corcho vista al microscopio, señalando que está formada por celdas (cells) introduciendo así el término de célula.

Aunque se había dado el primer paso en el estudio de las células, el siglo XVIII no supuso ningún avance científico significativo. Fue en la primera mitad del siglo XIX cuando el perfeccionamiento de los microscopios, el descubrimiento de métodos para teñir preparaciones y la posibilidad de hacer cortes finos con microtomos, dio sus frutos:

* En 1831 el botánico escocés R. BROWN demostró la existencia de un

corpúsculo en el interior de las células vegetales, al que denominó NÚCLEO.

* En 1837 PURKINJE, introdujo el término de PROTOPLASMA para definir el contenido vivo de la célula. De manera que el término de célula se transformó en el de:

“Una masa de protoplasma limitada en el espacio por una membrana celular y que posee un núcleo”.

* En 1838 SCHLEIDEN y 1839 SCHWANN formulan la TEORÍA CELULAR, a partir de los descubrimientos que a principios del siglo XIX se realizaron acerca de la estructura de los tejidos vegetales y animales. Y aunque ya estaba definida al menos en sus aspectos fundamentales, a ellos le cabe el mérito de exponer de manera clara y precisa que la célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos capaz de mantener su propia existencia de forma independiente. Sin embargo estos científicos mantenían ideas equivocadas sobre el origen de las células y fue necesario que pasaran casi 20 años para que la teoría fuese enunciada en los términos aceptados actualmente.

* En 1855 R. VIRCHOW amplió la teoría celular al expresar en su famoso aforismo “Omnis cellulae e célula”, es decir “toda célula y procede de otra célula”

De este modo, la TEORÍA CELULAR quedó definida a partir de 3 principios:

- 1.- **TODOSER VIVO ESTÁ FORMADO POR UNA o MAS UNIDADES, DENOMINADAS CÉLULAS.**
- 2.- **TODA CÉLULA POSEE LA MAQUINARIA NECESARIA PARA MANTENERSE VIVA POR SÍ MISMA.**
- 3.- **TODA CÉLULA PROCEDE DE OTRA CÉLULA PREEXISTENTE.**

A pesar de haber sido aceptada la teoría celular, los científicos seguían considerando el tejido nervioso como una excepción. Fue el histólogo RAMÓN Y CAJAL (1852-1934) el que hizo posible la generalización de la teoría celular, al demostrar la individualidad de la neurona, ya que se pensaba que estaba formado por fibras soldadas en forma de red.

La construcción en 1937, del primer microscopio electrónico por los físicos alemanes RUSKA y BORRIES, permitió asentar esta teoría, al observar las pequeñas estructuras (orgánulos) que existen en el interior de las células.

9. LA ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS.

Las características que presentan los seres vivos nos permiten pensar en la existencia de varios niveles de organización, con diversos grados de complejidad estructural, y que van más allá de la simple unión de sus componentes moleculares.

Para facilitar su estudio, dividiremos estos niveles en cinco grandes grupos: el nivel molecular, el nivel celular, el nivel orgánico, el nivel poblacional y el nivel de ecosistema.

Como se puede comprender, en muchos casos es difícil establecer una correspondencia exacta entre un nivel y los seres vivos correspondientes. Así, por ejemplo, podemos incluir los virus entre los niveles primero y segundo y los protozoos entre el segundo y el tercer nivel.

Así pues los niveles de organización en la naturaleza son los siguientes:

PRECURSORES DEL MEDIO (CO₂, H₂O, N₂...)

PEQUEÑOS PRECURSORES (bases nitrogenadas, aas...)

MONÓMEROS (nucleótidos, péptidos...)

MACROMOLÉCULAS (ácidos nucleicos, proteínas...)

ASOCIACIONES SUPRAMOLECULARES (complejos enzimáticos, membranas...)

ORGÁNULOS (cloroplastos, mitocondrias...)

CÉLULAS

TEJIDOS

ORGANISMOS

POBLACIONES

COMUNIDADES

ECOSISTEMAS

BIOMAS

BIOSFERA

* Nivel molecular. Lo constituyen las partículas subatómicas, neutrones, protones y electrones, que forman los átomos. Las moléculas están formadas por la unión mediante enlaces químicos de dos o más átomos y son la parte más pequeña de un compuesto que conserva sus propiedades. A las moléculas que forman parte de los seres vivos se les denomina biomoléculas.

Las macromoléculas son el resultado de la unión de distintas moléculas, como es el caso de algunos azúcares y nucleótidos, que dan lugar a las proteínas y los ácidos nucleicos, respectivamente. La unión de varias macromoléculas puede dar lugar a asociaciones, como ocurre en los complejos multienzimáticos, en las membranas o en los sistemas contráctiles. Estas, a su vez, pueden asociarse formando orgánulos, como las mitocondrias y los cloroplastos.

* Nivel celular. Es el primer nivel que se puede considerar que incluye seres vivos. A él pertenecen los virus (que algunos autores incluyen en el anterior), las células procarióticas (que no poseen un núcleo diferenciado) y las eucarióticas (que sí lo poseen, son las células de los vegetales, animales y protozoos.)

* Nivel orgánico. Incluye a todos los organismos, tanto unicelulares como pluricelulares. Sin embargo, en estos últimos tiene lugar una división del trabajo y una diferenciación celular que origina tejidos. Los tejidos se reúnen para formar órganos cada uno de los cuales realiza una función específica. El conjunto de todos los órganos que de forma coordinada desempeñan una función constituye un aparato.

* Nivel poblacional. Los seres vivos no viven aislados, sino que se relacionan entre ellos. La relación más importante es la del apareamiento, que da lugar a la formación de nuevos individuos. También suelen producirse situaciones de competencia por el alimento o el espacio y situaciones de protección. Una población es un conjunto de individuos de la misma especie, que viven en una misma zona y que se influyen mutuamente.

* Nivel de ecosistema. Las distintas poblaciones que habitan en una misma zona forman una comunidad o biocenosis. Las condiciones físico-químicas de una zona y las características de la misma forman el biotopo. El conjunto formado por la biocenosis, el biotopo y las relaciones que entre ellos se establecen forman los ecosistemas. Los factores climáticos delimitan zonas de vegetación típica, que a su vez condicionan la existencia de una fauna concreta, repitiéndose dichas zonas en áreas muy extensas de la Tierra y recibiendo el nombre de biomas.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- DE ROBERTIS. *Biología celular y molecular*. E.D.P. Editorial “El Ateneo” Undécima edición.
- LEHNINGER, A.L. *Principios de bioquímica*. Ediciones Omega 1988.
- LYNN MARGULIS. *Biodiversity molecular....* BioSystems, 27 (1992) 39-51.
- VARIOS. *Biología*. COU. J. L. Ed. Anaya 1997

