

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

2. EL ORIGEN DE LA VIDA Y SU INTERPRETACIÓN HISTÓRICA

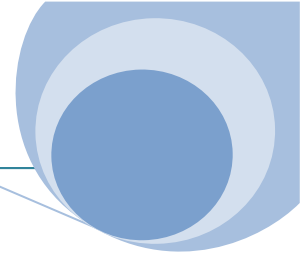
3. EVOLUCIÓN PRECELULAR

- 3.1. Hipótesis de los coacervados
- 3.2. Experimento de Miller y Urey
- 3.3. Experiencias de Calvin, J. Oro y otros
- 3.4. ¿Cómo se formaron los límites externos de las células primitivas?
- 3.5. Las chimeneas negras o fumarolas
- 3.6. Hipótesis de la arcilla
- 3.7. Hipótesis del mundo de ARN
- 3.8. Hipótesis de la panspermia
- 3.9. Hipótesis de la ecopoiesis

4. LA TEORÍA CELULAR Y LA ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS

5. NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS

6. BIBLIOGRAFÍA



1. INTRODUCCIÓN

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

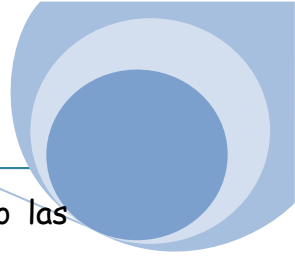
La vida es exuberancia evolutiva; el resultado del choque entre poblaciones de organismos activos y sensitivos en expansión. La vida es animales en juego. Es una maravilla de invenciones para refrigerarse, calentar, congregarse y dispersarse, comer y escapar, cotejar y engañar. Es conocimiento y sensibilidad; conciencia e incluso autoinconciencia, contingencia histórica y astuta curiosidad, es la aleta batiente y el ala planeadora del ingenio animal de la biosfera conectada, compendiada por los miembros del reino animal.

2. EL ORIGEN DE LA VIDA Y SU INTERPRETACIÓN HISTÓRICA

Una de las primeras hipótesis fue el de generación espontánea, por el cual ciertas entidades vivas pueden aparecer de repente, por azar, a partir de la materia y con independencia de toda clase de padres, reflejan la experiencia de numerosos observadores, desde Babilonia, China y la Grecia clásica, donde Aristóteles creía que la vida podría surgir merced a una fuerza vital capaz de animar la materia inerte.

En palabras de Oparin: "siempre que el ser humano se ha encontrado con la aparición inesperada y exuberante de cosas vivas, lo ha considerado un ejemplo de la generación espontánea".

El primero en cuestionarla fue el médico italiano F. Redi, experimentó con carne de serpiente muerta, extrajo gusanos blancos de la carne putrefacta y los aisló, obtuvo moscas demostrando que se trataba de larvas. A pesar de ello se siguió manteniendo el nacimiento de los microbios por generación espontánea de la mano de Needham, en los que seguían existiendo animáculos dentro de matraces. La réplica de Spallanzani, que realizó la misma



experiencia con más cuidado, concluyó que Needhan no había tomado las suficientes precauciones al sellar los frascos.

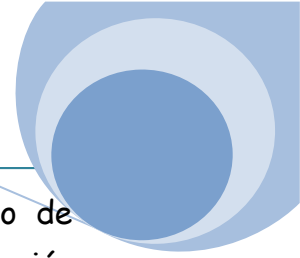
Pasteur asestó un golpe casi definitivo, demostró que los supuestos casos de generación espontánea se debían a la contaminación de los caldos por microorganismos transportados por las partículas de polvo del aire. Utilizó matraces de cuello de cisne. En su interior los caldos esterilizados por calor permanecían estériles. Las partículas de polvo con bacterias quedaban atrapadas en el cuello, si se les suprimía el cuello, los microbios proliferaban en el caldo al cabo de 48 horas.

A comienzos del siglo XIX se pensaba que la diferencia esencial entre los seres vivos y los inanimados radicaba en la diferencia de los compuestos químicos empleados en su construcción. Los compuestos orgánicos tendrían la fuerza vital, mientras que las sustancias inorgánicas no las tenían. Wohler obtuvo urea a partir de sustancias inorgánicas. Después de los trabajos de Pasteur y Darwin, se hacía cada vez más difícil concebir la génesis de los seres vivos sin pensar en un desarrollo evolutivo de la materia.

Se buscaba una síntesis que situara el problema del origen de la vida, en su totalidad, en un contexto evolutivo. El autor de esta síntesis fue Oparin, poco antes del biólogo Haldane.

Actualmente se supone que la vida se ha originado a través de una serie de acontecimientos que elevaron la organización de la materia inerte a niveles sucesivamente superiores, se ha acuñado el término biopoesis a este proceso y se sugirió que había un número de estadios claramente definidos que se podían reconocer a la hora de explicar el origen de la vida: el origen de los monómeros biológicos, el origen de los polímeros biológicos, la evolución desde lo molecular hasta la celular.

Se han emitido numerosas teorías al respecto, los detalles de estos procesos se conocen solo parcialmente, y hasta 2007 nadie ha conseguido sintetizar una protocélula utilizando los componentes básicos que tenga las propiedades necesarias para la vida. Todo el conocimiento es el resultado de la proyección retrospectiva de los tipos y actividades existentes actualmente. De los virus y las bacterias, las formas más primitivas se



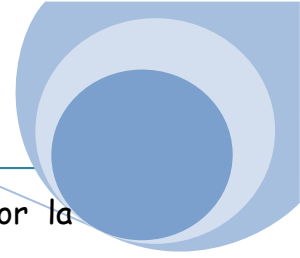
deduce como pudieron ser las primeras formas vivientes, el famoso de arriba abajo, cuyo impulsor es Craig Venter, que anunció en 2007 la creación de un cromosoma artificial.

3. EVOLUCIÓN PRECELULAR

La Tierra se inició como una masa de átomos libres, H y otros tipos, que se ordenaron según su peso. Los más pesados como el Fe y el Ni, en el centro de la Tierra, en la corteza lo más ligeros como el Al y Si, los más livianos, el H, N, O, C constituyeron las capas más externas. Reunía las condiciones adecuadas para la formación de la vida debido a una serie de características:

- Planeta no demasiado grande, si fuese más grande habría muchas reacciones moleculares y consecuentemente mucho calor.
- Existencia de elementos químicos necesarios para las moléculas orgánicas. H, C, N, O, elementos más abundantes de la Tierra y constituyentes del 90% de los organismos. Al comienzo las temperaturas fueron demasiado altas, separa la formación de moléculas porque las altas t° rompen los enlaces entre átomos tan pronto como estos se constituyen. A medida que se enfría se empezaron a establecer los enlaces atómicos más estables.
- Presencia de agua: pudo aparecer en estado líquido en edades tempranas. Es un buen disolvente y estabilizador de la temperatura, medio ideal para las reacciones químicas.
- Atmósfera primitiva, sin oxígeno ni ozono que filtrara las radiaciones, radiaciones que permitirían mutaciones de los complejos formados.

La primera atmósfera desapareció arrastrada por los vientos solares que actuaban al comienzo de la formación del sol. Cuando se estabilizaron las reacciones, cesaron las convulsiones del sol y el viento perdió su ímpetu, esto permitió que la superficie de la Tierra se fuera enfriando y quedaran atrapadas en su interior gases que solo pudieron escapar a través de fisuras de la corteza. Las opiniones sobre su composición varían, las más actuales se decantan por la presencia de N, dióxido de carbono, vapor de agua y un poco de H, nada de metano, amoníaco ni oxígeno, porque habría sido destruida en



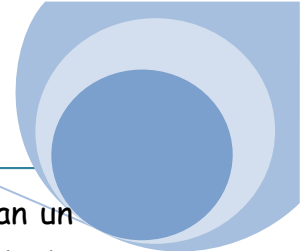
pocos miles de años por las reacciones químicas desencadenadas por la acción de la luz solar. Esta atmósfera sería fundamentalmente neutra con ligero poder reductor.

El progresivo enfriamiento de la Tierra hizo que las nubes de vapor de agua se condensaron en lluvia, que a su vez contribuyó al enfriamiento de la corteza y empezó a ser retenida por esta en forma líquida, así se formaron los primitivos océanos. En los mares primitivos se acumuló gran cantidad de sustancias disueltas, sales minerales procedentes de la erosión de la corteza. Además, la frecuencia de erupciones, a través de la corteza, grandes masas de lava fundida y de gases que incorporaron sus materiales al contenido material de las aguas terrestres y de la atmósfera. Los océanos adquirieron relativamente pronto su salinidad y la incrementaron algo todavía en las edades subsiguientes. Podemos considerar estos dos acontecimientos como los acontecimientos claves que harían posible, más tarde, el origen de la vida.

3.1. Hipótesis de los coacervados

El bioquímico Ivánovich Oparin, que realizó minuciosas investigaciones sobre el origen de la vida, sugirió en 1924 su teoría de cómo habría acontecido la misma a través de la evolución química en una atmósfera reductora. Consideró que los compuestos orgánicos se formaron espontáneamente a partir de sustancias inorgánicas, bajo la influencia de la radiación solar, las descargas eléctricas y la energía volcánica. La variedad de sustancias orgánicas sencillas se fueron acumulando en los mares recientemente formados. Este científico puntualizó dos aspectos importantes:

- No existían seres vivos que descompusieran las sustancias orgánicas en formación, así como tampoco oxígeno.
- La atmósfera primitiva seguía produciendo ininterrumpidamente moléculas ricas en energía. La acumulación de estos compuestos en el océano originó una "sopa primitiva".
- Las sustancias de los mares se fueron concentrando cada vez más, lo que provocó la formación de macromoléculas de mayor complejidad estructural como microscópicas gotas con una envoltura de polímeros y un medio interno que contenía enzimas aisladas del exterior.



A estas estructuras Oparin las llamó coacervados, las mismas poseerían un metabolismo muy sencillo, con intervención de enzimas, capacidad de absorción de elementos del exterior y la capacidad de replicarse al alcanzar un tamaño grande que resultaba inestable, dividiéndose. Creó coacervados en el laboratorio y al añadirles enzimas (como la fosforilasa) procedente de células, logró que incorporaran material del exterior, crecieran y se dividieran al alcanzar un volumen grande que las volvía inestables. Estos procesos los acercan a las características de lo viviente. Por el mismo tiempo el biólogo inglés John Haldane llegó a las mismas conclusiones que Oparin y llamó sopa prebiótica a la sopa primitiva.

3.2. Experimento de Miller y Urey

Miller y Urey diseñaron un aparato en el laboratorio que simulaba las características de la atmósfera primitiva. Introdujeron una mezcla de metano, amoníaco, hidrógeno y vapor de agua. Estos gases fueron sometidos a una serie de descargas eléctricas, que intentaban reproducir los aportes de energía que recibía la atmósfera reductora primitiva. Al cabo de varios días comprobaron que se formaban moléculas orgánicas sencillas, como seis aminoácidos, aldehídos, unos pocos ácidos carboxílicos sencillos. El equipo de Miller tenía tres elementos esenciales: matraz con agua hirviendo, el vapor de agua desprendida entraba en un compartimento. Este compartimento, en el que estaban el resto de componentes de la atmósfera primitiva, contenía dos electrodos entre los que se hacía saltar una chispa eléctrica lo suficientemente intensa. Una vez los vapores habían atravesado la descarga, penetraban en una zona más fría, donde se condensaban y formaban gotitas de agua. Estas gotitas refluían al matraz. El experimento duró una semana y según progresaba el agua del matraz tomó primero un color rojo y luego pardo amarillento.

Recogidos y analizados los componentes del matraz al cabo de una semana se comprobó la desaparición del metano y los átomos de C aparecían ahora en distintas sustancias orgánicas. El producto dominante era un material insoluble, constituido por una red de átomos de C y otros elementos conectados de forma laxa e irregular. Esta sustancia cubría las paredes del aparato, sustancias como alquitranes, resinas y polímeros, aparecen con frecuencia en las reacciones orgánicas. Proteínas, ácidos nucleicos,



polisacáridos o grasas no se han identificado nunca en los experimentos de Miller. Al no añadirse fosfato no aparecieron nucleótidos, pero tampoco nucleósidos que no necesitan P. En resumen, estos productos no guardan mucha similitud con los de los seres vivos, en cambio sí guardan un paralelismo asombroso con la composición de cierta clase de meteoritos, por eso se aventura que los experimentos pueden haber remedado alguno de los procesos que acontecieron en los gases reductores de la nebulosa solar originaria y que dieron lugar a los compuestos preservados en los meteoritos.

Ante las nuevas teorías sobre la atmósfera primitiva, Miller intentó preparar aminoácidos en las nuevas condiciones. La proporción entre el hidrógeno y el dióxido de C de la mezcla parece ser importante. Cuando se encuentra por debajo de 1, como se suponía en la hipótesis de Oparin, se produce solo trazas de glicina y ningún aminoácido más. Dada la tendencia del hidrógeno a escapar de la Tierra es difícil aceptar que esta proporción se mantuviera próxima a uno. Para que pudieran aparecer más aminoácidos era necesaria la presencia de metano o equivalentes reductores en alguna otra forma.

3.3. Experiencias de Calvin, J. Oró y otros

Calvin utilizó el ciclotrón para reproducir la radiación ionizante originada por la desintegración de elementos radiactivos, para ver si esta energía podía inducir la formación de compuestos bioquímicos. Utilizó también C marcado en la molécula de metano, y al someter la mezcla en el ciclotrón se formaron aminoácidos, los de Miller además de urea y ácidos grasos.

El español Juan Oró investiga con las reacciones del ácido cianhídrico con el amoníaco en una mezcla con agua a 90°C y consiguió sintetizar adenina.

Ponamperuma al irradiar UV a ácido cianhídrico, detectó guanina. Consiguieron también síntesis de adenosina al irradiar adenina, ribosa y ortofosfórico. Poco a poco se fueron sintetizando cada una de las cinco bases del ADN y ARN. A partir de formol salió desoxirribosa y ribosa. Acumulación de formaldehído daría glucosa...



Pero todas estas experiencias no dan respuesta a como los primeros monómeros se unieron en polímeros complejos que interactúan para formar una protocélula.

3.4. ¿Cómo se formaron los límites externos de las células primitivas?

Oparin propone en su teoría que las moléculas orgánicas del "caldo primitivo" se unen rápidamente y tienden a formar coacervados precursores de las células. Luego otros investigadores consideraron que es más probable que se hayan formado vesículas independientes, ya que los fosfolípidos, integrantes de las membranas celulares actuales, tienden a agruparse en forma de esferas cuando se colocan en agua. Pero los fosfolípidos son sustancias complejas que necesitan varias enzimas diferentes para su formación, por lo que no pueden haber sido integrantes de las membranas celulares primitivas. G. Ourisson y su equipo, en trabajos realizados a fines de siglo XX, creen haber encontrado el compuesto que formó las primeras membranas celulares: fosfato de poliprenilo. Esta molécula es dipolar, pues el extremo que tiene el fosfato constituye un polo hidrófilo (atrae el agua) y el opuesto es hidrófobo (repele el agua). Esta característica de que al ser colocadas en agua las moléculas se ordenan formando una doble capa que origina una microesfera. Las membranas de estas microesferas tienen el mismo aspecto al microscopio y la misma permeabilidad que las membranas con fosfolípidos. Estos investigadores lograron producir fosfato de polipropileno sintéticamente, sin intervención de enzimas. Sustancias hidrófobas agregadas al medio que rodea a las microesferas se disuelven y se concentran en su membrana, orientándose de acuerdo a su afinidad por el agua. Por ejemplo, el colesterol se ubica perpendicular a la membrana y el beta-caroteno se coloca entre ambas capas, paralelo a ellas. Los aminoácidos que se colocan muy cerca de sí tienden a unirse, formando cadenas peptídicas aunque no haya catalizador. Las membranas de las microesferas crecen al aumentar el número de moléculas que las forman y este crecimiento determina su multiplicación.

3.5. Las chimeneas negras o fumarolas



En 1979, los científicos del submarino Alvin, que exploraban las heladas profundidades de casi 3.000 metros de la Galápagos, descubrieron una comunidad animal muy sorprendente en los alrededores de las "chimeneas negras". Conformada por organismos desconocidos para la ciencia, constituyó un verdadero enigma durante muchos años. Las chimeneas negras son salientes rocosas de más de 10 m. de alto, que arrojan oscuros chorros de agua caliente cargados de sulfuro de plomo, zinc y cobre. El agua que sale de la chimenea tiene temperaturas que superan los 350°C, pero no hierve porque la presión es muy elevada a esa profundidad. En esas profundidades no puede realizarse fotosíntesis pues no llega la luz del sol y abunda el sulfuro de hidrógeno, que es mortal para la mayoría de los seres vivos. ¿Cómo pueden sobrevivir los seres de las "chimeneas negras"?

- Todos los seres de estas comunidades son anaerobios.
- Las bacterias termófilas se encargan de oxidar el sulfuro liberando azufre.
- Con la energía que se genera en esta oxidación producen sustancia orgánica en el proceso llamado quimiosíntesis.
- Algunas de esas bacterias viven libres en el agua que rodea las chimeneas y son el alimento de las almejas amarillas, que a su vez son comidas por los crustáceos.

Proporcionan medios para concentrar las moléculas recién sintetizadas, aumenta la posibilidad de formar oligómeros. Los abruptos gradientes de t° permiten establecer zonas óptimas de reacciones parciales en diferentes regiones de la misma. El flujo de agua hidrotermal proporciona una fuente constante de ladrillos y energía. El modelo permite una sucesión de diferentes pasos de evolución celular en una única estructura, facilitando el intercambio entre todos los estadios de desarrollo. La síntesis de lípido como medio de aislar las células del medio ambiente no es necesaria hasta que básicamente estén todas las funciones celulares desarrolladas.

Este modelo sitúa al último antepasado común universal dentro de la chimenea negra en lugar de asumir la existencia de una forma de vida libre.

3.6. Hipótesis de la arcilla

En el seno de la sopa primitiva se produjo una gran concentración de moléculas de monómeros, sobre todo en las orillas del mar o de los lagos, por



evaporación de agua. Se tiene en cuenta la posibilidad de que algunas moléculas se concentraron por la unión con arcillas, porque tienen una gran superficie de absorción. Podrían haber servido de centros catalíticos de las reacciones síntesis de polímeros. Se realizan experimentos determinantes en los que se demostró cómo se podían sintetizar polímeros de monómeros. Produjeron péptidos de 20 a 30 unidades a partir de glicina puesta en condiciones alternativamente secas y húmedas y en presencia de arcilla. Estas experiencias demuestran que se puede simular la evaporación, el secamiento y la rehidratación de lagos y mares de la Tierra primitiva. En estas condiciones, la sucesión de ciclos regulares y la presencia de arcilla permiten la formación de largas cadenas moleculares, las que prefiguran las proteínas y los ácidos nucleicos de las células.

A pesar de su estabilidad dinámica y su capacidad de volverse más complejas, esas moléculas requieren un tiempo para reaccionar unas con otras a fin de constituir una base lo suficientemente importante para dar lugar a la evolución pre biológica, aunque posiblemente, ciertas características adicionales del medio favorecieron la supervivencia de las moléculas, como por ejemplo:

- Los compuestos pesados que se forman en la alta atmósfera caen sobre las capas inferiores, más densas, se hunden en el agua o se acumulan en las grietas y fisuras del suelo, lo que impide su destrucción por radiación UV.
- Si existen determinadas moléculas con función catalizadora, su concentración puede aumentar con rapidez.
- La ausencia de oxígeno atmosférico impide la oxidación de los productos orgánicos, lo que hace que se conservan durante más tiempo.
- La ausencia de vida impide la destrucción de la materia orgánica.

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

3.7. Hipótesis del mundo de ARN

Bien, seguimos con nuestro problema de encontrar un replicador primitivo plausible, uno cuya existencia en la Tierra recién formada no tenga unas

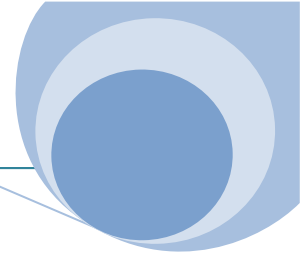


probabilidades astronómicas en contra, y que permitiese poco a poco el paso a otras formas de almacenar y replicar información más parecidas a las que conocemos.

La hipótesis que hoy en día se considera más cercana a la realidad es la del "Mundo de ARN", esta hipótesis se basa en la capacidad de las moléculas de ARN para actuar como catalizadores en reacciones metabólicas. De esta forma, se contempla la posibilidad de que una polimerización espontánea de ribonucleótidos diese como resultado ribozimas (enzimas de ARN) capaces de catalizar su propia autorreplicación. En estos tiempos prácticamente no existirían enzimas formados por moléculas proteicas, sino que todo estaría compuesto de ARN de distintas longitudes, formas y configuraciones. A partir de entonces todo sería cuestión de tiempo y muchas, muchas replications hasta que algo más parecido a la vida que conocemos empezase a tomar forma, por ejemplo mediante la aparición de ARN con la capacidad de coger otro ARN y polimerizar proteínas a partir de él. ¿Improbable? Desde luego, pero mucho menos que otras hipótesis, una vez tenemos el ARN podemos simplemente considerar la aparición de la vida como una cuestión de prueba y error repetida a lo largo de millones y millones de años. Una de las pruebas a favor de esto son los cofactores, moléculas pequeñas que tienen gran importancia en muchas reacciones enzimáticas "apoyando" al enzima principal. Muchos de estos cofactores llevan adheridos nucleótidos de ARN sin función aparente. Los partidarios del Mundo de ARN consideran estos cofactores "fósiles moleculares", remanentes de un pasado en el que todas las reacciones eran catalizadas por ARN; es decir, el equivalente molecular de nuestro coxis.

Sin embargo, el ARN también tiene sus desventajas como candidato, siendo la principal su inestabilidad química, acentuada por su sensibilidad a la radiación ultravioleta. Además, su polimerización abiótica es muy difícil, a lo que se añade que la cantidad de fosfato en disolución que se supone que existía sería demasiado pequeña para la síntesis del esqueleto de gran cantidad de moléculas. Por último, el número de funciones enzimáticas que se han comprobado puede realizar es bastante pequeña.

3.8. Hipótesis de la panspermia



La esencia o semillas de la vida están diseminadas por todo el universo y llegaron hasta la Tierra en meteoritos desde otros planetas. Relanzada por Arrhenius, Hoyle apostó por esta hipótesis basándose en la comprobación de que existen ciertos organismos terrestres, como líquenes, bacterias, cianobacterias y arqueas, que son tremendamente resistentes a las condiciones adversas y podrían viajar por el espacio. Así que, realmente, esta teoría no encaja dentro del apartado evolución precelular sino, más bien, evolución celular.

Una variante es la neopanspermia, según la cual lo que llegó a la Tierra no fueron las formas de vida, sino los precursores orgánicos. En los últimos años se han identificado unas setenta moléculas en el espacio. Las pruebas en un meteorito hallado en Australia hacía 28 años, contenía aminoácidos. Estas teorías incrementan el campo de probabilidad para que la vida se desarrolle al no limitarse a las condiciones primitivas de la Tierra.

3.9. Hipótesis de la ecopoiesis

Esta teoría supone que la luz solar, en la atmósfera primitiva, descompuso grandes cantidades de agua en oxígeno e hidrógeno, que el hidrógeno escapó al espacio (sus átomos son demasiado ligeros como para ser retenidos por la gravedad terrestre) y, como resultado, la atmósfera se llenó de oxígeno.

En esas condiciones comenzaron a desarrollarse en el medio ambiente procesos químicos similares a los procesos metabólicos de los seres vivos actuales. Algunos de estos procesos se producirían en el interior de coacervados que, finalmente, evolucionarían hasta dar lugar a las primeras células. Se ha descubierto que algunas formas de vida terrestre (algunas bacterias, cianobacterias y líquenes) pueden sobrevivir en el espacio durante largo tiempo, lo que les permitiría viajar de un planeta a otro y colonizarlo si las condiciones son favorables.



4. LA TEORÍA CELULAR Y LA ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS

La carrera hacia el establecimiento de la teoría celular comienza con el descubrimiento de las primeras células por Robert Hooke, que en 1665 publica sus observaciones de tejidos vegetales con un microscopio rudimentario.

Contemporáneo de Hooke, Leeuwenhoek, utilizando un mejorado microscopio simple consiguió describir protozoos, rotíferos, levaduras, hematíes, espermatozoides y bacterias.

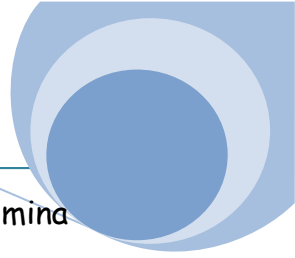
Hasta el siglo XVIII no se registraron mayores avances en la citología debido a que los microscopios simples habían llegado al límite teórico de su capacidad. En el siglo siguiente se desarrolla el microscopio compuesto, con lentes corregidas de aberración y, además, se descubren diversas técnicas de fijación y tinciones que mejoran notablemente las preparaciones microscópicas, llegando a describirse el núcleo y las demás partes básicas de las células.

En 1839, Schwann observa y describe tejidos animales comparándolos con los tejidos vegetales ya descritos por Schleiden. Ambos formulan la primera teoría celular que se ha ido completando gradualmente con el avance de los conocimientos citológicos.

La primera formulación se limitaba a dos postulados:

- Todos los seres vivos están formados por células, es decir, la célula es la unidad morfológica de los seres vivos.
- Cada célula puede realizar todas las funciones vitales: nutrición, relación y reproducción. Por lo tanto, la célula es también la unidad fisiológica de los seres vivos.
- En 1855 Virchow aportó el tercer postulado, toda célula procede de otra preexistente.

A partir de aquí los descubrimientos citológicos se suceden rápidamente. Se distingue en todas las células un protoplasma (Purkinje), un núcleo (Brown) y una membrana. Se descubre la división directa del núcleo o amitosis (*remark*). Strasburger en 1879 observa la división indirecta del núcleo (cariocinesis) en las células vegetales. En 1880, Fleming descubre una división nuclear idéntica en las células animales y la denomina mitosis. En



1890, Waldeyer observa filamentos en el núcleo en división y los denomina cromosomas.

Cuando Sutton y Boveri en 1902 descubren que la información hereditaria reside en los cromosomas, se añade el cuarto y último postulado que completa la teoría celular hoy vigente.

- La célula contiene toda la información necesaria para la síntesis de sus estructuras y el control de sus funciones. Además es capaz de transmitir esta información a sus descendientes. En síntesis: la célula es la unidad genética de los seres vivos.

En 1892 se publicó la primera obra que recopilaba todos los conocimientos acumulados sobre las células, naciendo así la citología. Entonces ya se conocían estructuras celulares tales como el retículo endoplasmático, el aparato de Golgi, mitocondrias, cloroplastos, vacuolas, entre otras.

El descubrimiento de estructuras menores como los ribosomas, peroxisomas, microtúbulos, microfilamentos..., debió esperar al desarrollo de la microscopía electrónica, que pese a haber sido descubierta por Ruska y Mahl en 1940, solo empezó a ser operativa en 1953, cuando se descubren métodos de fijación y de obtención de cortes finos.

5. NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS

En el estudio de los seres vivos se aprecia una serie de rasgos comunes a distintos niveles, como ya se ha visto, así la igualdad en el nivel molecular y atómico y en la composición de la materia viva constituyen pruebas evidentes de la evolución. La célula eucariótica presenta un modelo de construcción que es idéntico en organización en todos los seres vivos, con las pequeñas variantes que siempre pueden establecerse entre los vegetales y los animales. La diferenciación celular que se establece en todo ser pluricelular puede modificar la forma de la célula sin cambiar su constitución y estructura básica. Pero esta modificación del modelo resulta totalmente evidente, como son la existencia de tipos de tejidos distintos que aparecen en diferente combinación. Esto permite la aparición de un número casi infinito de formas de animales y plantas.

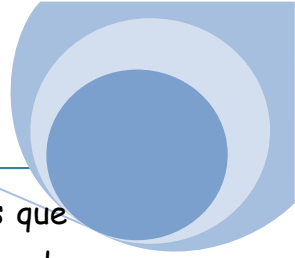


Al observar la materia viva podemos distinguir varios grados de complejidad estructural, que son los llamados niveles de organización. Actualmente se diferencian siete niveles: subatómico, atómico, molecular, celular, pluricelular, poblacional y el nivel de ecosistemas.

Los niveles subatómicos y atómicos son niveles abióticos, es decir, niveles de materia no viva; el nivel molecular es en parte un nivel abiótico y en parte un nivel biótico, ya que a él pertenecen los virus. Estos organismos están en la frontera entre la materia viva y la materia no viva, ya que, aunque se pueden reproducir en el interior de las células que parasitan, también pueden adoptar una estructura cristalina y permanecer así indefinidamente. El resto de los niveles son todos niveles bióticos.

Dentro de los niveles de organización de los seres vivos el más simple se alcanza en los viroides, ácidos nucleicos del tipo RNA infecciosos y sin proteínas acompañantes. Las moléculas de RNA, muy cortas y anulares, no codifican ninguna proteína. Los viroides han resultado ser, en parte, parásitos peligrosos de las plantas.

En un nivel algo superior estarían los virus que suelen ser mucho más pequeños que las células de micoplasma, y que en general poseen una forma mucho más simple. Un virión o partícula vírica no constituye ninguna célula. Así mientras que la célula más sencilla contiene una molécula de DNA, almacén de la información y otra molécula de RNA como transmisora de esta información, el virión carece de ambos tipos de moléculas. El ácido nucleico a menudo está asociado sólo con moléculas de un único lugar proteico, como es el caso del virus del mosaico del tabaco, que se encuentra envuelto por una cubierta denominada cápsida, que consta de una sola proteína por unas cuantas proteínas distintas. Esta cápsida puede tener simetría cristalina y puede formarse automáticamente por agrupación específica de las unidades proteínicas indicadas y el ácido nucleico. Los virus o fagos se adecuan sólo parcialmente a los criterios que se posee sobre la vida. En ellos no tienen lugar el metabolismo ni el intercambio de energía, carecen de capacidad propia para replicarse o para sintetizar proteínas y, en consecuencia, no pueden reproducirse espontáneamente. Sólo pueden multiplicarse aprovechando el metabolismo y el intercambio de energía de las células vivas



y son, por consiguiente, parásitos intracelulares obligados. Los viriones que se encuentran fuera de las células vivas constituyen formas de diseminación, sistemas orgánicos inertes, denominados también genes vagabundos.

A pesar de su organización especialmente sencilla, los virus y los viroides no pueden interpretarse como formas primitivas de vida, ya que su división presupone la existencia de células vivas. Más bien se trata de elementos genéticos que se independizaron parcialmente de sus células portadoras. Es por ello por lo que estas estructuras se consideran un verdadero problema a la hora de clasificarlos en alguno de los niveles de organización de los seres vivos.

- Nivel subatómico: compuesto por protones, neutrones y electrones, partículas todas ellas que forman parte de los átomos. Este nivel no es objeto de estudio en biología.
- Nivel atómico: constituido por los átomos que forman parte de toda la materia viva. Los átomos son la parte más pequeña de una materia que conserva todas sus propiedades. No son divisibles en sus constituyentes por procedimientos químicos. Denominamos bioelementos a los átomos que forman parte de los seres vivos.
- Nivel molecular: constituido por las moléculas, unidades materiales formadas por dos o más átomos unidos entre sí por enlaces químicos. En este nivel hay moléculas muy simples, como el oxígeno o el agua, que forman parte de materia viva y de materia inerte; y de otras mucho más complejas, como las proteínas y los ácidos nucleicos, exclusivas de los seres vivos. Distinguiremos entre moléculas orgánicas, formadas básicamente por carbono, y moléculas inorgánicas, donde el carbono no es frecuente y que también se encuentran en la materia inerte. En este nivel se encuentran también los virus. Los virus, contrariamente a lo que piensa mucha gente, no son organismos vivos. Se parecen en algunos aspectos a los seres vivos, pero no tienen todas sus características. Precisamente por ello resulta tan difícil eliminar a los virus causantes de muchas enfermedades: no podemos matarlos, simplemente porque no están vivos. Los biólogos acostumbramos a decir que son complejos

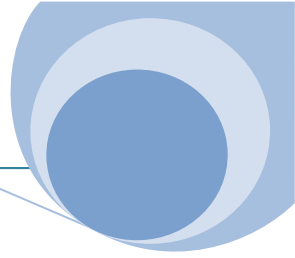


macromoleculares. También son complejos macromoleculares los orgánulos que forman las células como las mitocondrias o los ribosomas.

- Nivel celular: la célula es la unidad mínima de la materia viva. Las células están vivas; las estructuras o moléculas que las forman no. Hay células primitivas, sin envoltura nuclear, llamadas procariotas y otras mucho más complejas, las eucariotas. Las células son las unidades de materia viva más pequeñas que pueden existir, y que son capaces de realizar las tres funciones vitales (relación, nutrición y reproducción). Hay seres vivos que pertenecen a este nivel por estar formados por una sola célula: son los seres unicelulares. Hay otros pluricelulares, formados por muchas células.
- Nivel pluricelular: sólo presente en los seres vivos formados por más de una célula. Comprende varios subniveles: tejidos (conjuntos de células que realizan una función), órganos (estructuras formadas por varios tejidos, que realizan conjuntamente un acto), sistemas y aparatos (grupos de órganos que llevan a cabo una función compleja) y el propio organismo, la unidad completa del ser vivo.
- Nivel de población: el nivel de población considera los organismos de la misma especie, no como individuos concretos, sino como conjunto, considerando también las relaciones que se establecen entre ellos. Es el conjunto de individuos de una misma especie que habita en una zona concreta en un momento determinado. Por ejemplo, un enjambre de abejas o una manada de ciervos.
- Nivel de ecosistema: el nivel de ecosistema estudia las poblaciones de diferentes especies (comunidad) que viven interrelacionadas en el mismo lugar (biotopo). El conjunto de ecosistemas de toda la Tierra constituye la biosfera, el nivel de organización más grande.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV.: "Geología 2º Bachillerato", Editorial Editex, Madrid, 2003.
- Alberts, B. y otros: *Biología molecular de la célula*, Omega, Barcelona, 1986.



- Curtis, H.: *Biología*, McGraw Hill/Editorial Interamericana, 1997.
- Oparin: *El origen de la vida*, Dover, 1952.
- Paniagua Gómez-Álvarez: *Biología celular*, Mc Graw-Hill Interamericana de España S.A., 1999.