



GUÍA 4: ELECTIVO
BIOLOGÍA DE LOS ECOSISTEMAS

GUÍA 4/NIVELACIÓN
CURSO 3º Y 4º Medio
Prof.: Kimberling Correa

Nombre: _____ Curso: _____

INSTRUCCIONES GENERALES: La siguiente guía es de tipo formativa, por lo que debe ser trabajada y subida a la plataforma classroom para tener en orden toda las guías. Recordar que los classroom de cada curso corresponden a:

CODIGO ACCESO
ydpqqaz

Para una mejor organización paso a detallar las fechas y tipo de evaluación de las guías correspondientes a la unidad de Nivelación, recordar que nuestras guías se entregaran de manera quincenal y es importante que estas guías, sean subidas al classroom.

Guías	Fecha publicación	Tipo de evaluación
Número 1	12 Marzo	Formativa
Número 2	26 Marzo	Formativa
Número 3	09 Abril	Formativa
Número 4	23 Abril	Formativa
Número 5	07 Mayo	Sumativa

OBJETIVO: Explicar el estado de la biodiversidad actual a partir de teorías y evidencias científicas sobre el origen de la vida, la evolución y la intervención humana.

TEORÍAS DEL ORIGEN DE LA VIDA

Objetivo: Explicar la hipótesis de la generación espontánea y describir los experimentos científicos que la refutaron.

Distinguir entre hipótesis, teoría científica y creencia.

Pregunta de Focalización

¿Cuál crees que es la diferencia entre teoría y creencia?

Vamos a investigar:

¿Qué es la generación espontánea y cómo operó la ciencia para refutar dicha hipótesis?

Introducción

En el campo de la biología evolutiva, el origen de la vida tiene un interés especial porque estudia una pregunta fundamental de la vida: ¿de dónde y cuándo surgieron los seres vivos?

Muchas hipótesis fueron especuladas en un inicio, pero hubo creencias que marcaron la historia, como el creacionismo. **El creacionismo** es una creencia, sostenida solo por la fe, que todas las especies, en su forma actual, fueron creadas hace un poco menos de 10.000 años por un acto divino. Esta creencia, ha sido defendida fuertemente por las iglesias fundamentalistas, tratando que sus ideas sean estudiadas en los colegios igual que las hipótesis y teorías científicas.

Ciertos líderes cristianos sostienen que la diversidad de la vida no se pudo haber originado, ni tuvo el tiempo suficiente para evolucionar mediante procesos naturales, ya que la tierra no es lo bastante antigua para sostener tal diversidad. Pero las evidencias procedentes desde la geología, de la astronomía y de otras disciplinas han confirmado que la edad de la tierra es de unos 4.500 millones de años aproximadamente, tiempo suficiente para que ocurriera el origen de la vida, se produjeran varias extinciones masivas y evolucionaran las especies hasta las formas actuales.

Teoría:
Explicación completa de una característica importante de la naturaleza y se basa en múltiples evidencias

Hipótesis de la generación espontánea

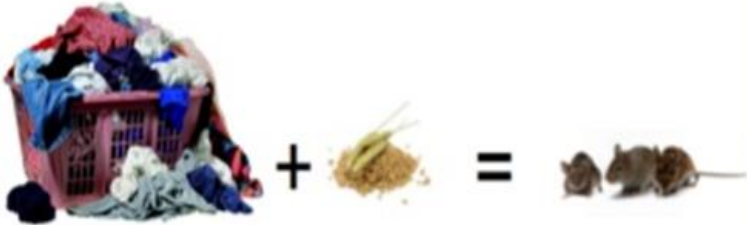
La generación espontánea es la hipótesis de que la vida puede surgir de la materia inanimada o inorgánica debido a alguna “fuerza vital” contenida en la materia orgánica. La generación espontánea fue una hipótesis muy extendida en toda la Edad Media y en la segunda mitad del siglo 19.

En un comienzo Aristóteles sostenía:

- Que el fango se formaban gusanos
- Que en la carne en descomposición surgían moscas
- Que los insectos y peces surgían del rocío, humedad y del sudor
- Que del polvo surgían arañas y otros insectos como ácaros.

Hubo una fuerte tendencia a legitimar la idea porque este “fuerza vital” se consideró una prueba categórica de la presencia de Dios en el mundo. Se propusieron muchos experimentos para probar la hipótesis e incluso se publicaron recetas: “si ponemos ropa interior sudorosa con trigo en un recipiente con boca ancha, al cabo de 21 días el olor cambia y, el fermento surgiendo de la ropa y penetrando a través de las cascara de trigo, transforma el trigo en ratones. Pero lo más notable es que se forman ratones de los dos sexos, para así reproducirse con ratones nacidos normalmente, pero lo verdaderamente increíble, es que los ratones surgidos del trigo y la ropa íntima sudada no son pequeños, ni deformes, sino que son adultos perfectos” (Ortus Medicinae, Van Helmont, 1648)

¿Qué opinas?, Ponte en el lugar de una persona que vive en esta época, analiza qué partes del relato son poco factibles o inviábiles y justifica por qué.



RECETA DE VAN HELMONT PARA GENERAR RATONES DESPUÉS DE 21 DÍAS

Pese a que las condiciones experimentales con la que trabajó van Helmont no fueron controladas ni presentó evidencias que apoyaran lo sostenido por él, este trabajo apoyó la abiogénesis. Debieron pasar cerca de 200 años más para ser refutada.

El origen de la vida se ha intentado explicar mediante varias hipótesis

Entre los numerosos interrogantes que los científicos y pensadores se plantearon a lo largo de los siglos acerca de "la vida", la pregunta sobre el origen de los organismos que los rodeaban tuvo un papel central. Ante la ausencia de un mecanismo claro que explicara la permanente aparición de nuevos animales, muchos se volcaron hacia la llamada idea de la **generación espontánea**.

Desde épocas muy antiguas, varias culturas creían que los seres vivos simples, tales como los gusanos, los insectos, las ranas y las salamandras podían originarse espontáneamente en el polvo o en el cieno; que los roedores se desarrollaban de los granos húmedos y que los pulgones de las plantas se condensaban a partir de una gota de rocío.

Un científico belga, **Jan van Helmont** (1577-1644), partidario de esta idea, realizó una experiencia para demostrar la existencia de este fenómeno, y la registró de esta manera en su libro *Ortus Medicinae*, en 1667: "...Las criaturas tales como los piojos, garrapatas, pulgas y gusanos son nuestros miserables huéspedes y vecinos, pero nacen de nuestras entrañas y excrementos. Porque si colocamos ropa interior llena de sudor con trigo en un recipiente de boca ancha, al cabo de veintidós días el olor cambia, y el fermento, surgiendo de la ropa interior y penetrando a través de las cáscaras de trigo, cambia el trigo en ratones. Pero lo que es más notable aún es que se forman ratones de ambos sexos, y que éstos se pueden cruzar con ratones que hayan nacido de manera normal.... pero lo que es verdaderamente increíble es que los ratones que han surgido del trigo y la ropa íntima sudada no son pequeñitos, ni deformes ni defectuosos, sino que son adultos perfectos ..."

Esta experiencia resultó un evento muy interesante en la historia de la ciencia. A pesar de que las condiciones experimentales no estaban controladas y no había prueba de que los eventos descritos por van Helmont de hecho ocurrieran, este trabajo apoyó la idea de la generación espontánea. Tendrían que pasar más de 200 años para llegar a la refutación final de la idea de la generación espontánea.

Pasada ya la primera mitad del siglo XVII y la idea de la generación espontánea todavía seguía presente en las mentes de muchos pensadores. En 1668, el toscano **Francisco Redi** (1626- 1697), médico del gran Duque de Etruria, publicó un libro titulado "Esperienze in torno de la generazione deg'Insetti" donde planteó un experimento sencillo pero contundente para refutar las creencias acerca de la aparición súbita y espontánea de los seres vivos.

La preocupación de Redi era investigar el origen de los gusanos que aparecían en la carne en descomposición. Para dilucidar si era cierta la noción de que los gusanos surgían por generación espontánea, de Jan van Helmont, o si estos organismos tenían otro origen, Redi llevó a cabo un experimento en el que puso carne de serpiente recién muerta en un grupo de recipientes de boca ancha, algunos con tapas, algunos cubiertos con una tela delgada y otros abiertos, y observó que las larvas aparecían solamente en los frascos abiertos. La explicación fue que los gusanos aparecían sólo en los frascos en los que las moscas podían entrar y depositar sus huevos.

El experimento de Redi fue modelo en su época ya que, si bien no controló todas las variables, fue el primer estudio experimental en el que un naturalista utilizó los llamados "testigos".

Los resultados de Redi no fueron generalizados a otros organismos más pequeños, pero su experimento sentó las bases para una extensa polémica sobre la generación espontánea de los seres vivos en años subsiguientes.

En 1676, estudiando al microscopio una muestra de agua de un charco, Antonio Van Leeuwenhoek (1632-1723), encontró organismos vivos a los que llamó "animálculos": así, se abrió ante sus ojos y los de los demás observadores un mundo microscópico. Gran cantidad de personas, incluso los mismos reyes, viajaban a verlo para observar las maravillas ocultas que aparecían a través de las lentes.

La llegada de la microscopia durante el siglo XVIII mostró un mundo microscópico enormemente diverso pero, paradójicamente, llevó a que se reavivara con fuerza la creencia en la generación espontánea apoyada en el pasado por estudiosos como Van Helmont. Como hemos visto, la noción de generación espontánea había sido ya rechazada por varios científicos, entre ellos Francesco Redi. En el caso de los "animálculos", la idea de la generación espontánea se restringía a los microorganismos simples, no a los animales visibles por todo el mundo. Aparentemente, sólo era necesario poner sustancias en descomposición en un lugar cálido durante un corto período y las minúsculas "bestias vivas" aparecían bajo la lupa ante los propios ojos. Al menos así pensaba van Leeuwenhoek. De esta forma, a pesar de que la generación espontánea había sido refutada, al menos para el caso de los gusanos, el origen súbito de los microorganismos había resurgido con el advenimiento de microscopios mejorados. Así, en 1748, todavía era una explicación posible para el origen de los seres vivos. Tanto era así que aún provocaba encendidas discusiones entre los científicos partidarios y detractores de esta explicación al origen de nuevos seres vivos.

John Needham (1713-1781), un jesuita inglés, y el investigador italiano **Lázaro Spallanzani** (1729-1799) sostuvieron una célebre disputa acerca del origen de los microorganismos en caldos de cultivo. Needham, que había adquirido celebridad en la Royal Society, atribuía la presencia de microorganismos en los caldos a la presencia de una "fuerza vital". En 1748, realizó un experimento que sería famoso. Needham colocó caldo de carnero recién retirado del fuego en un tubo de ensayo y cerró el tubo con un corcho. Luego, lo calentó "para matar a todos los animalillos o huevos que pudieran quedar dentro de la botella". Después de algunos días, el caldo estaba lleno de microorganismos. Needham dedujo entonces que estos microorganismos se habían originado de la materia inanimada, y creyó demostrar así la existencia de la generación espontánea, al menos, en los microorganismos. Esta polémica continuaría, todavía por más de un siglo. Por su parte, Spallanzani era contrario a la idea de la generación espontánea que todavía rondaba los ámbitos científicos. Spallanzani era un investigador cuidadoso, que se ordenó como sacerdote, pero se entregó con ardor en poner en duda todas las preconcepciones del momento referidas al mundo natural.

Con respecto al experimento realizado por Needham, Spallanzani pensó que el hervor había sido insuficiente y que el caldo no había sido esterilizado adecuadamente. Además, sospechaba que el corcho no cerraba herméticamente el frasco. Por lo tanto, en el año 1768, realizó una nueva serie de experimentos en los que hirvió entre 30 y 45 minutos frascos que contenían un caldo nutritivo. Algunos de los frascos estaban sellados y otros no. Spallanzani observó que en los frascos sellados no había microorganismos y demostró así que la generación espontánea no se producía.

Needham, sin embargo, seguía sosteniendo lo contrario y fue a París donde buscó el apoyo del célebre zoólogo Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788). Ambos personajes desarrollaron nuevas teorías que no tenían ningún correlato con la experiencia. Buffon y Needham objetaron a Spallanzani el procedimiento experimental que había llevado a cabo, sosteniendo que el prolongado hervor había matado la "fuerza vital", algo imperceptible y desconocido que posibilitaba la aparición de la vida en la materia inanimada.

Spallanzani continuó realizando otros experimentos, demostrando una y otra vez su postura. Finalmente, se dedicó a realizar otros estudios como los de reproducción animal, fecundación e inseminación artificial en animales, considerando que este tema ya estaba cerrado. Pero aún no estaba dicha la última palabra.

De esta manera, a fines del siglo XVII, la problemática sobre la generación espontánea de los microorganismos, varias veces echada por tierra, aún seguía viva. Es en ese entonces que **Louis Pasteur** (1822-1895) entra en la escena de esta encendida y antigua polémica.

Pasteur fue un científico prolífico. Sus estudios abarcaron los temas más diversos y muchos constituyeron verdaderas proezas científicas. Este químico francés, entre muchas otras cosas, sentó las bases de la cirugía aséptica, realizó estudios que ayudaron a atacar el carbunco (una enfermedad infecciosa muy común en aquel tiempo), produjo una vacuna contra la rabia y salvó a la industria de la seda francesa de la extinción al descubrir cómo se transmitía una enfermedad que atacaba al gusano de seda.

En 1858, Pasteur hizo su ingreso en la candente problemática de la generación espontánea.

El 20 de diciembre de 1858, en una nota dirigida a la Academia de Ciencias, el director del Museo de Historia Natural de Ruan, **Félix-Archimède Pouchet** (1800-1876), se definió claramente en favor de la generación espontánea y publica al año siguiente un volumen sobre *L'Hétérogénie ou Traité de la génération spontanée*: "Cuando la meditación me llevó a la certeza de que la generación espontánea es todavía uno de los medios empleados por la Naturaleza para la reproducción de los seres me dediqué a descubrir mediante qué procedimientos podrían evidenciarse estos fenómenos."

Tan categórica afirmación provocó numerosas réplicas, y Pasteur escribió a Pouchet: "Pienso que cometéis un error, no al creer en la generación espontánea (porque en semejante problema es difícil no tener ideas preconcebidas), sino al afirmar la generación espontánea. En la ciencias experimentales es siempre erróneo no dudar mientras los hechos no nos obliguen a hacer una afirmación. En mi opinión, se trata de un asunto en el que se carece por completo de pruebas decisivas."

Pasteur estaba convencido que, si bien el método experimental puede no ser capaz de resolver completamente el misterio del universo, siempre es capaz de responder sin ambigüedades a preguntas definidas, siempre que sean formuladas en términos precisos. Afirmaba que el método experimental raramente lleva por mal camino, y eso le ocurre solo a aquellos que no lo usan bien. Para sostener su afirmación, Pouchet realizó varios experimentos. Entre ellos, sobre un recipiente de mercurio introdujo con la boca hacia abajo, un frasco lleno de agua destilada y hervida, lo destapó, instiló en él un poco de oxígeno y de nitrógeno obtenidos por métodos químicos, y luego una borra de heno extraída de otro frasco que había mantenido en una estufa durante veinte minutos. Después de algunos días, el agua estaba llena de microorganismos.

Pasteur cuestionó la introducción de "aire común" al que adjudica la contaminación microbiana del mercurio. Inicia así las experiencias contundentes que pondrán fin a un debate milenario. A pesar de los resultados de Pasteur, Pouchet no se mostró vencido y continuó sus experimentos.

En 1864, la discusión acerca de la generación espontánea de los microorganismos se había vuelto tan fogosa que la Academia de Ciencias de París ofreció un premio para los experimentos que arrojaran nueva luz sobre el problema. Los experimentos debían hacerse en el Museo de Historia Natural con requisitos claramente establecidos.

Los partidarios de la generación espontánea tenían sus propios programas preparados y se retiraron en actitud de protesta. Solo quedó **Louis Pasteur** (1822-1895) para realizar las investigaciones.

Pero si los partidarios de la generación espontánea hubieran realizado las experiencias, Pasteur habría perdido el debate.

Pasteur usaba agua de levadura para sus cultivos mientras que su contendiente más feroz, **Félix-Archimède Pouchet**, utilizaba agua de heno, que hoy sabemos que contiene gérmenes que no mueren a 100° C y que se desarrollan ante la entrada de una pequeña cantidad de oxígeno. Este hecho, como veremos, le habría otorgado el triunfo en la compulsa.

Tiempo después Pasteur descubrió que si no se alcanzaba una temperatura de 120° C no había seguridad de matar a todos los gérmenes. Este descubrimiento determinó que, a partir de ese momento, el autoclave -un instrumento que permite alcanzar el punto de ebullición a temperaturas mayores de 100°C - pasara a ser un elemento indispensable para la antisepsia.

Pasteur advirtió la necesidad, no solamente de usar un autoclave, sino también de esterilizar al fuego los instrumentos y los aparatos que se querían esterilizar. Para destruir todos los gérmenes, era necesario pasar los instrumentos por la llama, que los eliminaría más fácilmente mientras más secos estuvieran.

Llamativamente, a pesar de los contundentes resultados de Pasteur, la victoria de los detractores de la idea de la generación espontánea no era aún completa. Poco tiempo después de la muerte de **Claude Bernard** (1813-1878), junto a Pasteur el biólogo más respetado de Francia, la *Revue Scientifique* publicó artículos de su autoría sobre el proceso de fermentación.

Pasteur sostenía que la fermentación era obra directa de algún ser vivo, mientras que Claude Bernard atribuía a los fermentos no sólo el proceso de fermentación sino también la formación de los microbios que lo acompaña; la generación espontánea nuevamente en escena.

Para Bernard, la fermentación comenzaba sin gérmenes mientras que Pasteur sostenía que la presencia de gérmenes era indispensable para que la fermentación se iniciara.

Ante esta disyuntiva, Pasteur construyó un invernadero hermético. Puso en él uvas, libres de microbios a crecer -ya que éstos se depositan en la maduración de la fruta-. Para evitar la contaminación, rodeó los racimos con algodón.

Llegada la época de recolección, se aplastaron las uvas y se las colocó en un ambiente calefaccionado para favorecer la fermentación. El resultado fue definitorio: la fermentación no se produjo en las uvas crecidas en ausencia de microbios, mientras que los racimos que no estaban en el invernadero comenzaron a fermentar a las 48 horas. Luego, al exponer los racimos protegidos al aire o agregarles algunos granos de los racimos previamente expuestos, la fermentación se inició.

Los resultados fueron concluyentes: nada podía suplir el papel de los gérmenes en el proceso de fermentación, ni ningún fermento los podía hacer surgir.

Entre los muchos experimentos que realizó Pasteur para desechar la generación espontánea, hay uno que merece especial énfasis por su gran simplicidad y su carácter decisivo. Pasteur usó matraces con cuello de cisne que permitían la entrada del oxígeno - elemento que se creía necesario para la vida- mientras que en sus cuellos largos y curvados quedaban atrapadas bacterias, esporas de hongos y otros tipos de vida microbiana. De esta manera, se impedía que el contenido de los matraces se contaminara. Pasteur mostró que si se hervía el líquido en el matraz, matando a los organismos ya presentes, y se dejaba intacto el cuello del frasco, no aparecería ningún microorganismo. Solamente si se rompía el cuello curvado del matraz, permitiendo que los contaminantes entraran en el frasco, aparecerían microorganismos. Algunos de sus matraces originales, todavía estériles, permanecen en exhibición en el Instituto Pasteur de París. (Ver figura 1)

"La Vida es un germen y un germen es Vida" proclamó Pasteur en una brillante "velada científica" en la Sorbona, ante lo más selecto de la sociedad parisina. "Nunca la doctrina de la generación espontánea se recuperará del golpe mortal que le asestó este simple experimento."

Al quedar definitivamente refutada la idea de la generación espontánea por los experimentos de Pasteur, el problema del origen de la vida en la Tierra quedó relegado. Los científicos del siglo XIX no disponían aún de una explicación alternativa para este evento.

Recién 50 años más tarde, **Alexandr I. Oparin** (1894-1980) y **J.B. John B. S.Haldane**, (1892-1964) proporcionaron un marco teórico para interpretar el paso de la materia inanimada a la materia viva, y este problema se tornó susceptible de ser experimentado.

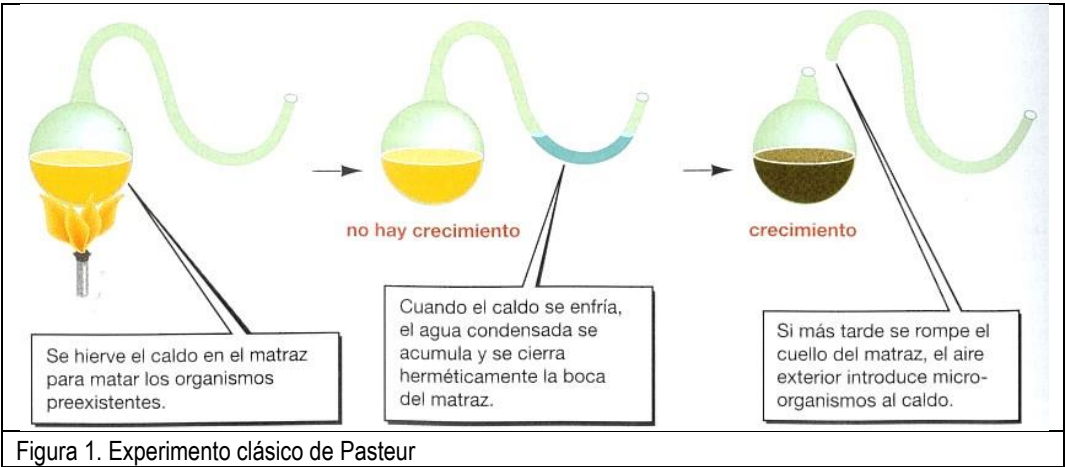


Figura 1. Experimento clásico de Pasteur

Actividad 1: La “justificación” de la generación espontánea

Resuelve los siguientes problemas en torno al pensamiento científico y las primeras teorías sobre el origen de la vida

- a) ¿Cómo influyó el empirismo¹ en la mantención de la teoría de la generación espontánea? ¿Qué rol tuvo la microscopía? Justifica
- b) ¿Cómo crees tú que la mayoría de las personas se explica el origen de la vida? Inventa una pregunta que podría utilizarse para averiguar si aún hay quienes apoyan la teoría de la generación espontánea. Por ejemplo: ¿en qué casos las bacterias aparecen espontáneamente en algún órgano del cuerpo?, ¿puede decirse que la reproducción asexual es un mecanismo de generación espontánea?, si usted cree que la vida solo puede surgir de lo vivo, ¿ha habido vida desde siempre en nuestro planeta?...
- c) Averigua el significado de los términos “vitalismo” y “mecanismo”. Luego relacionalos con la discusión en torno al origen de la vida
- d) Inventa tu propio diseño experimental para probar la falsedad de la teoría de la generación espontánea.

Existen evidencias que la vida se inició a partir de una evolución química

¿Cómo comenzó la vida? Como hemos visto, la hipótesis más aceptada entre los científicos actuales enuncia que la vida se desarrolla a partir de materia no viva. Este proceso, llamado evolución química, se compone de varias etapas. Primero, la síntesis de pequeñas moléculas orgánicas. Posteriormente, la acumulación de estas a lo largo del tiempo. Las macromoléculas grandes, como proteínas y ácidos nucleicos, se formaron de moléculas más pequeñas. Las macromoléculas interactuaron entre si y formaron estructuras más complejas que, a fin de cuentas, podían metabolizar y replicarse. Estas dieron lugar a estructuras semejantes a células que finalmente dieron origen a las primeras células verdaderas. Las células primitivas, una vez formadas, evolucionaron durante miles de millones de años hasta dar lugar a la diversidad biológica que existe en nuestro planeta. Se cree que la vida en la Tierra **se origino una sola vez**, y que esto ocurrió en condiciones ambientales muy distintas a las actuales.

¹ Sistema que sólo se fundamenta en la experiencia

Por lo tanto, para entender el origen de la vida, se deben estudiar las condiciones primitivas de la Tierra. Aunque jamás tendremos una certeza absoluta acerca de ellas, ciertas pruebas científicas, obtenidas de diferentes fuentes, proporcionan datos importantes al respecto.

I. Las condiciones primitivas de la Tierra habrían sido determinantes para la evolución química

Las condiciones iniciales en la Tierra habrían sido inhóspitas para casi todos los seres vivos de la actualidad. La atmósfera altamente reductora carecía de oxígeno. La erupción de volcanes y el consecuente desprendimiento de gases contribuyó a la formación de la atmósfera. Violentas tormentas eléctricas produjeron lluvias torrenciales que erosionaron la superficie de la Tierra.

La formación de la Tierra y de todo el sistema solar está relacionada con la formación del Universo. Se cree que la distribución no siempre ha sido la que se conoce actualmente. Hace 10.000 o 20.000 millones de años, el Universo era una masa densa y compacta que explotó (el Big Bang), dispersando en el espacio polvos, residuos y gases. A partir de entonces, aún se expande de modo que se encuentra en expansión constante. Al enfriarse tales materiales, se formaron átomos de diferentes elementos, ante todo helio e hidrógeno. La disminución de la temperatura y la compresión de la materia dio lugar a la formación de estrellas y planetas.

El sol de nuestro sistema es una estrella de segunda o tercera generación, formada hace cinco mil o 10 mil millones de años. Las fuerzas gravitacionales que actuaban sobre la materia solar provocaron la compresión de ésta, la cual dio lugar a gran cantidad de calor. Este indujo la formación de elementos distintos al helio y al hidrógeno. Parte de este material fue expulsado del sol y, uniéndose a restos, polvos y gases que lo rodeaban, formó los planetas.

De acuerdo a los astrofísicos y geólogos, la Tierra tiene una edad de 4600 millones de años de antigüedad. La materia que la conforma se compactó como resultado de la acción de fuerzas gravitatorias; los elementos más pesados, como níquel y hierro, formaron el núcleo central; los elementos de peso medio formaron el manto, y los ligeros quedaron cerca de la superficie. La primera atmósfera, compuesta en gran parte por los elementos más ligeros, helio e hidrógeno, se perdió debido a que las fuerzas gravitacionales de la Tierra no fueron capaces de retenerla.

Se piensa que al inicio, la temperatura de la Tierra era baja, pero al continuar la compactación gravitacional se produjo calor. Este aumentó en respuesta a la energía de la desintegración radiactiva. El calor se liberó en manantiales térmicos o volcanes, que a su vez produjeron gases, los cuales formaron la segunda atmósfera en el inicio de la Tierra. La atmósfera era reducida, con poco oxígeno libre o sin él. Los gases producidos incluían dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), vapor de agua (H₂O), hidrógeno (H₂) y nitrógeno (N₂). Probablemente esta atmósfera contenía también un poco de amoníaco (NH₃), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y metano (CH₄), aunque estas moléculas reducidas bien pudieron haberse degradado por la radiación ultravioleta del sol. Es probable que la atmósfera primitiva contuviera poco o nada de oxígeno libre (O₂).

Con el enfriamiento gradual de la Tierra, el vapor de agua se condensó, produciendo lluvias torrenciales que formaron océanos. Además, estas lluvias erosionaron la superficie de la Tierra, agregando minerales a los océanos, haciéndolos "salados".

Hay cuatro requisitos de la evolución química. Primero, la vida sólo podía evolucionar en ausencia de oxígeno libre. Como tal elemento es muy reactivo, su presencia en la atmósfera habría producido la degradación de las moléculas orgánicas necesarias en el origen de la vida. Sin embargo, la atmósfera de la Tierra tenía gran capacidad de reducción, por lo que el oxígeno libre habría formado óxidos con otros elementos. Un segundo requerimiento para el origen de la vida debió ser la energía. La Tierra era un lugar con gran cantidad de energía, tormentas violentas, volcanes e intensa radiación, incluso la radiación ultravioleta del sol (figuras 2a y 2b). Probablemente "aquel"

sol producía mas radiación ultravioleta que el actual, y la Tierra no poseía una capa protectora de ozono para bloquear esta radiación. Tercero, los elementos químicos que constituyen las piezas necesarias para la evolución química debían estar presentes. Estos elementos incluyen agua, minerales inorgánicos disueltos (presentes en forma de iones) y gases



Figuras 2a y 2b. Representaciones de la superficie de la Tierra antes de que hubiese vida. Nótese las fuentes de energía de distintos orígenes (actividad volcánica, geotérmica, eléctrica, meteoritos) y la presencia de agua

presentes en la atmósfera; como último requisito, tiempo. Tiempo para que las moléculas pudieran acumularse y reaccionar entre sí. La edad de la Tierra proporciona el tiempo necesario para la evolución química. La Tierra tiene unos 4600 millones de años, y se cuenta con pruebas geológicas que hacen pensar en la aparición de formas simples de vida, hace 3500 millones de años.

Problemas del tema I.

- a) Estructura una tabla que permita explicar el proceso de la evolución química en cinco etapas.
- b) Caracteriza las condiciones primitivas de la Tierra y compara la atmósfera primitiva con la actual
- c) Sintetiza los requisitos de la evolución química
- d) Si el oxígeno es supuestamente tan dañino para las moléculas orgánicas, ¿cómo se explica que a los animales nos beneficia?
- e) ¿Se puede plantear que la coincidencia de los cuatro factores mencionados podrían fundar vida en otros planetas?

II. Las moléculas orgánicas se podrían haber originado de moléculas inorgánicas

Es necesario considerar el origen de las moléculas orgánicas debido a que constituyen la materia prima de la formación de los seres vivos. El concepto de formación espontánea de moléculas orgánicas simples, como azúcares, nucleótidos y aminoácidos, a partir de materia no viva, se propuso en 1920 por dos científicos que trabajaron de modo independiente: Oparin, un bioquímico ruso, y Haldane, un genetista escocés. Su hipótesis fue puesta a prueba en 1950 por Urey y Miller, quienes diseñaron un aparato que simulaba las condiciones que se cree prevalecían en el inicio de la Tierra (figuras 3 y 4). La atmósfera con que iniciaron sus experimentos era rica en H_2 , CH_4 , H_2O y NH_3 . Los científicos expusieron esta atmósfera a una descarga eléctrica que simulaba la luz y la actividad eléctrica de la atmósfera. El análisis de los elementos químicos producidos en una semana reveló la síntesis de aminoácidos y otras moléculas orgánicas. En la actualidad, se piensa que la atmósfera, en su fase inicial, no contenía gran cantidad de metano (CH_4) ni amoníaco(NH_3). Sin embargo, otros experimentos similares, en los que se utilizó diferentes combinaciones de gases, produjeron una variedad de moléculas orgánicas, incluso bases de nucleótidos de ARN y ADN.

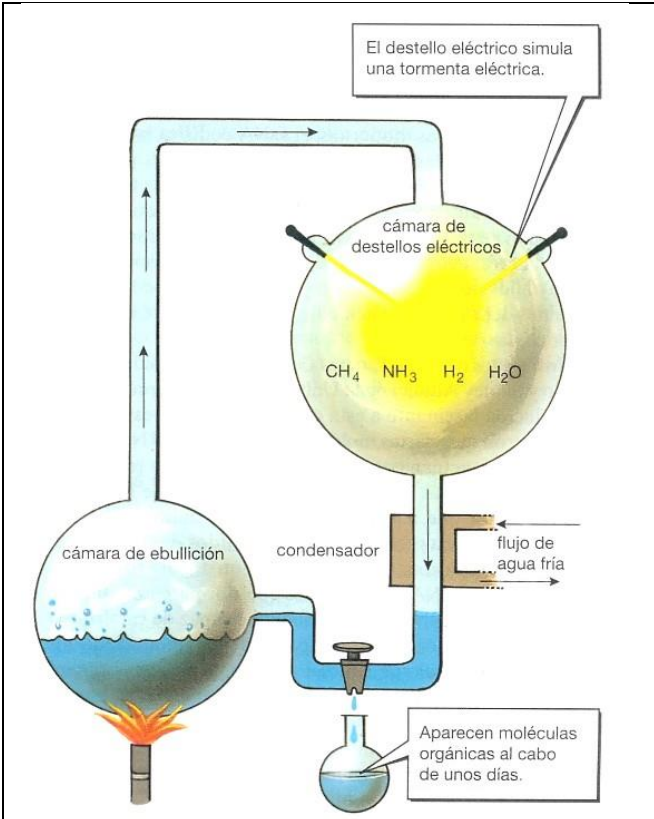


Figura 3. Esquema del montaje experimental de Miller y Urey



Figura 4. Miller y su montaje real

Oparin supuso que las moléculas orgánicas se acumularon durante algún tiempo, en mares poco profundos, en forma de un "mar de sopa orgánica". Este investigador consideró que en tales circunstancias, las moléculas orgánicas más grandes (polímeros) se formarían por la unión de moléculas más pequeñas (monómeros). Con base en los datos acumulados desde entonces, casi todos los científicos consideran que la polimerización necesaria para la formación de proteínas, ácidos nucleicos y otras moléculas orgánicas no pudo haber ocurrido en esas circunstancias. Muchas reacciones de polimerización involucran una síntesis por deshidratación, en la que dos moléculas se unen por la eliminación de agua y es poco probable que una reacción en la que se produce agua ocurra en el agua, en ausencia de las enzimas necesarias. Además, tampoco es posible que los monómeros orgánicos en el océano hayan alcanzado niveles, o cantidades lo suficientemente elevados como para estimular su polimerización.

Es más probable que los polímeros orgánicos se hayan sintetizado y acumulado en rocas o en superficies de arcilla. La arcilla es un sitio favorable para la polimerización porque contiene iones de hierro y zinc, que pueden actuar como catalizadores. Además, la arcilla enlaza las formas exactas de azúcares y aminoácidos encontrados en los organismos vivos. También pueden presentarse otros aminoácidos y azúcares, pero éstos no se unen a la arcilla. Para comprobar la formación de polímeros en estas condiciones, Fox calentó una mezcla de aminoácidos secos y obtuvo polipéptidos. Al producto de esta polimerización espontánea le dio el nombre de **protenoide**.

¿Podrían los polímeros una vez producidos formar estructuras más complejas? Los científicos han trabajado con diferentes protobiontes, ensambles espontáneos de polímeros orgánicos y se ha logrado elaborar protobiontes semejantes a seres vivos simples, lo cual nos permite imaginar la forma en que las moléculas complejas no vivas realizaron tan gigantesco brinco para convertirse en células vivas. Al crecer, con frecuencia los protobiontes se dividen en dos. Sus condiciones internas son distintas de las externas. Su organización es sorprendente, tomando en cuenta su composición bastante simple.

Una variedad de protobionte, conocida como **microesfera**, se formó por la adición de agua y protenoides. Las microesferas son esféricas y poseen propiedades osmóticas. Algunas generan un potencial eléctrico a través de su superficie, similar al potencial de membrana de las células. También absorben materiales de su entorno y responden a cambios en la concentración osmótica como si estuvieran rodeadas por membranas, aunque no contienen lípidos.

Los **liposomas** son protobiontes hechos de lípidos. En el agua adquieren una estructura esférica, rodeada por una bicapa lipídica de estructura semejante a la de las membranas celulares (figura 5).

Como último ejemplo de los protobiontes puede mencionarse el **coacervado**. Oparin formó coacervados con mezclas más o menos complejas de polipéptidos, ácidos nucleicos y polisacáridos. Los coacervados pueden llevar a cabo un metabolismo muy simple (fig. 20-4). Cuando formó un coacervado con cadenas cortas de RNA y la enzima responsable de la replicación de ácidos nucleicos, y lo colocó en un medio con nucleótidos de trifosfatos, los coacervados “crecieron”, se replicaron y dividieron.

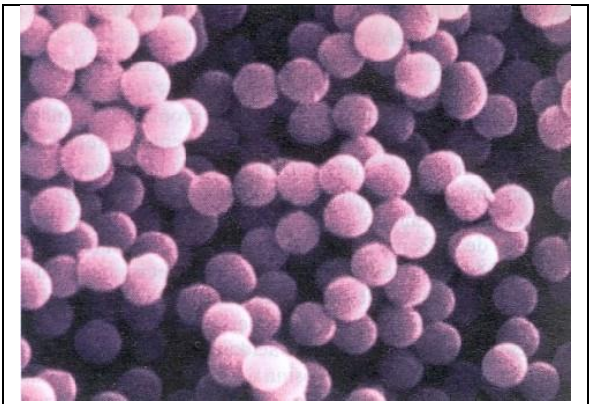


Figura 5. Microesferas formadas por agitación de proteínas y lípidos en un medio líquido. Estas microesferas pueden incorporar material de la solución circundante, crecer e incluso “reproducirse”, como varias de las que se ven en la micrografía

Problemas del tema II.

- a) ¿Por qué la evolución se preocupa del origen de las moléculas orgánicas?
- b) ¿Se puede decir que Oparin propuso un nuevo tipo de generación espontánea? Justifica
- c) ¿Cómo expresarías, en síntesis, el experimento de Miller y Urey?
- d) ¿Por qué no se considera aceptable el proceso de polimerización propuesto por Oparin?
- e) ¿Cuál es la relevancia del experimento de Fox? ¿Por qué usar arcilla? Fundamenta
- f) Define: polímero, protobionte, microesfera, liposoma y coacervado ¿Cuál de ellos podría considerarse un ser vivo?

III. Existe evidencia fósil de la formación de células primitivas

El estudio de los protobiontes es útil para reconocer que las “pre-células” pueden presentar algunas propiedades de los seres vivos. Sin embargo, fue necesario un salto mayor para pasar de los agregados moleculares, como los protobiontes, a las células vivas.

Los datos obtenidos de los registros fosilíferos muestran que las primeras células prosperaron hace 3500 millones de años.

Sin duda alguna, las primeras células que evolucionaron fueron las procarióticas. En rocas de Australia y Sudáfrica se han encontrado fósiles microscópicos de este tipo de células de 3400 a 3500 millones de años (figura 6).

Los estromatolitos son otro tipo de restos fosilíferos de las primeras células de la Tierra. Dichas rocas columnares están



Figura 6. Micrografía de células fósiles de tipo bacteriano, descubiertas en un depósito de cuarzo negro en Australia. Su data es de 3500 m. de años.



Figura 7. Estromatolitos australianos

compuestas por capas múltiples de aquellas células, por lo general, cianobacterias. Todavía se encuentran estromatolitos vivos en manantiales térmicos y en estanques poco profundos de agua fresca y salada. Con el tiempo, se acumula sedimento alrededor de las células y poco a poco, éste se mineraliza. Mientras tanto, crece una nueva capa de células vivas sobre las células muertas. Los estromatolitos se presentan en diversas partes del mundo: en el Gran Lago de los Esclavos canadiense y las Gunflint Iron Formations en el Lago Superior de Estados Unidos. Algunos son muy antiguos, por ejemplo, un grupo en la región occidental de Australia tiene varios miles de millones de años (figura 7). Todavía hay colonias vivas que forman estromatolitos en el Yellowstone National Park y en la bahía Shark, en Australia.

Podría decirse que el origen de las células a partir de macromoléculas fue un gran avance en el origen de la vida. Quizá no haya sido un gran avance, sino una serie de pequeños avances. Dos etapas cruciales de dicho proceso fueron el origen de la reproducción molecular y del metabolismo.

Problemas del tema III.

- En estricto rigor la expresión “el origen de las células a partir de moléculas fue un gran avance”. Explica por qué y de qué forma se podría corregir para no generar faltas conceptuales
- ¿Qué le falta a un protobionte para poder ser considerado una célula primitiva?
- ¿Por qué resulta tan evidente pensar que las primeras células tuvieron que ser procariontes, si en la actualidad siguen siendo las células más abundantes y diversas?
- Investiga de qué manera se puede averiguar que un fósil tiene “n” millones de años. Decide qué tan exacto y creíble es el método.

IV. Un paso clave en las primeras etapas de la evolución fue la transferencia de información molecular

Si recuerdas biología molecular básica, debes saber que un ácido nucleico está formado por nucleótidos. A su vez, cada nucleótido está formado por una base nitrogenada, un grupo fosfato y una azúcar de 5 carbonos. De esta forma, para alargar una cadena de ADN o ARN, se hace necesario disponer una cadena de nucleótidos, originando un polinucleótido.

Los polinucleótidos se forman en la arcilla de la misma forma en que lo hacen los polipéptidos. Se cree que el ARN fue la primera molécula informativa que “evolucionó” en la progresión hacia la primera célula.

Se cree que las proteínas y el ADN vinieron después. Una de las características más sorprendentes del ARN es que con frecuencia posee propiedades catalíticas. El ARN catalítico o ribozima, funciona como enzima. En las células de la actualidad se utiliza como auxiliar en el procesamiento de los productos finales: ARNr, ARNt y ARNm⁽²⁾. Antes de la evolución de las células verdaderas, es probable que la ribozima haya catalizado la formación de ARN en la arcilla o estanques rocosos poco profundos.

Una evidencia de esto es que si se agrega ribozima a un tubo de ensayo con nucleótidos de ARN, la replicación de nuevo ARN puede ocurrir en ausencia de otras moléculas de función enzimática. Esta reacción se incrementa si se agrega zinc, metal normalmente presente en la arcilla, como catalizador.

El ARN también puede dirigir la síntesis de proteínas. Algunas moléculas actuales de cadena sencilla de ARN se pliegan sobre sí mismas por la interacción de los nucleótidos que componen la cadena. En ocasiones la conformación de la molécula plegada es tal que se une débilmente a un aminoácido. Si los aminoácidos son mantenidos en estrecha cercanía entre sí por moléculas de ARN, pueden unirse uno a otro para formar un polipéptido.

En las células vivas, se transfiere información del ADN al ARN y de éste a las proteínas. Se ha estudiado el mecanismo probable de la evolución del ARN y de las proteínas. El último paso en la evolución de las moléculas de información sería la incorporación del ADN en los sistemas de transferencia de información. Como el ADN es una doble hélice, es más estable y menos reactivo que el ARN. Sin embargo, el ARN es necesario en cualquier forma, debido a que el ADN no posee actividad catalítica.

Hay varios pasos fundamentales previos a la formación de células vivas verdaderas, a partir de agregados macromoleculares. Hoy día se tiene poca información acerca de la forma en que esto ocurrió. Por ejemplo, ¿Cómo se originó el código genético? Ello debe haber ocurrido en una etapa muy temprana del origen de la vida, ya que prácticamente todos los organismos vivos poseen el mismo código. Por otro lado, podría cuestionarse la forma en que una membrana formada por lípidos y proteínas puede envolver a un complejo macromolecular, permitiendo la acumulación de algunas moléculas y la exclusión de otras.

Problemas del tema IV.

- ¿Qué característica del ARN, permite suponer que se formó antes que el ADN y las proteínas?
- ¿Qué utilidad pudo tener el zinc, si en el mismo texto se admite que el ARN posee actividad catalítica?
- Las proteínas más simples poseen algunas decenas de aminoácidos. Cada aminoácido se ubica en el lugar adecuado tras una lectura de tres bases nitrogenadas de tres nucleótidos consecutivos, dispuestos en un orden definido. ¿Cómo se explica entonces el surgimiento de polipéptidos azarosos y al mismo tiempo funcionales? ¿Cómo explicar proteínas de miles de aminoácidos?
- Investiga para poner a prueba la siguiente hipótesis: “Si las secuencias del ADN se dispusieron azarosamente para originar secuencias de aminoácidos que resultaron funcionales, entonces deberían existir muchas secuencias de ADN que no generan información útil”.

² Estos tres tipos de ARN son imprescindibles en la síntesis de las proteínas, por parte de los ribosomas