



### La formación de la tierra

Hace aproximadamente 5.000 millones de años, según calculan los cosmólogos, la estrella que es nuestro Sol comenzó su existencia. El Sol se formó como otras estrellas a partir de la acumulación de partículas de polvo y gases de hidrógeno y helio, que formaban remolinos en el espacio entre las estrellas más viejas. La inmensa nube que se convertiría en el Sol se condensó gradualmente a medida que los átomos de hidrógeno y de helio eran atraídos unos a otros por la fuerza de la gravedad y caían en el centro de la nube, cobrando velocidad mientras caían. Cuando la aglomeración se hizo más densa, los átomos se movieron más rápidamente, más átomos chocaban unos contra otros y el gas de la nube se tornó más y más caliente. A medida que la temperatura se elevaba, se intensificó la violencia de las colisiones hasta que átomos de hidrógeno chocaron con tal fuerza que sus núcleos se fusionaron formando átomos de helio adicionales y liberando energía nuclear. Esta reacción termonuclear aún ocurre en el corazón del Sol y es la fuente de energía que se irradia desde su incandescente superficie. Los planetas se habrían formado a partir de los restos del gas y del polvo que giraban alrededor de la estrella recién formada. Al comienzo, las partículas deben haberse reunido al azar, pero a medida que la masa aumentaba de tamaño otras partículas comenzaron a ser atraídas por la gravedad de las masas más grandes. El torbellino de polvo y las esferas en formación continuaron girando alrededor del Sol hasta que, finalmente, cada planeta hubo limpiado por completo su propia órbita, recogiendo la materia suelta, a la manera de una bola de nieve gigantesca. Se estima que los planetas, incluyendo la Tierra, comenzaron su existencia hace aproximadamente 4.600 millones de años. Durante el tiempo en que la Tierra y otros planetas estaban formándose, la liberación de energía a partir de materiales radiactivos mantenía sus interiores muy calientes. Cuando la Tierra aún estaba tan caliente que era principalmente un líquido, los materiales más pesados se reunieron en un centro denso, cuyo diámetro es aproximadamente la mitad del diámetro del planeta. A medida que la superficie de la Tierra se enfriaba, fue formándose una corteza externa, una cáscara tan delgada como la de una manzana. Las rocas más viejas de esta capa datan, según los métodos isotópicos, de hace unos 4.100 millones de años.

Sólo 50 kilómetros por debajo de su superficie, la Tierra está aún caliente y una pequeña fracción todavía está derretida. Vemos evidencia de esto en las erupciones volcánicas ocasionales que expulsan lava (roca fundida) a través de los puntos débiles de la corteza terrestre, o en los géiser, que arrojan el agua hirviendo que se había escurrido gradualmente hacia el interior de la Tierra. Poco después de haberse formado, es muy probable que la superficie de la Tierra se hallara en un estado turbulento. Estudios realizados sobre cráteres de la Luna llevaron a la conclusión de que hasta hace unos 3.800 millones de años, nuestro satélite fue constantemente bombardeado por meteoritos. Tal vez, la Tierra haya pasado por un estado similar al que se encuentra la Luna en la actualidad: estaba salpicada de cráteres y carecía de atmósfera. Se supone que la atmósfera primitiva estaba formada principalmente por hidrógeno y helio. Sin embargo, estos elementos se habrían fugado hacia el

espacio exterior debido a que las fuerzas gravitacionales eran aún muy débiles como para retenerlos.

Posteriormente, a partir de los gases desprendidos por los volcanes, se habría formado una atmósfera secundaria, a su vez, diferente de la actual. El agua habría emanado de los géiseres en forma gaseosa y habría permanecido como vapor de agua en la atmósfera. Al descender la temperatura, las nubes de vapor se habrían condensado y se habrían formado los océanos calientes y poco profundos de la Tierra primitiva. En la actualidad, la vida existe en lo que se denomina **biosfera**. Esta capa se extiende sólo entre 8 y 10 kilómetros en la atmósfera y aproximadamente la misma distancia en las profundidades del mar

### El comienzo de la vida

Desde una perspectiva bioquímica, tres características distinguen a las células vivas de otros sistemas químicos:

- Material genético** que permite la capacidad para duplicarse generación tras generación;
- Actividad Metabólica**, explicadas con la presencia de **enzimas**, las proteínas complejas que son esenciales para las reacciones químicas de las que depende la vida, y
- Una **membrana** que separa a la célula del ambiente circundante y le permite mantener una identidad química distinta. ¿Cómo surgieron estas características? ¿Cuál de ellas apareció primero e hizo posible el desarrollo de las otras?

El primer conjunto de hipótesis verificables acerca del origen de la vida fue propuesto por A. I. Oparin y J. B. Haldane quienes, trabajando en forma independiente, postularon que la aparición de la vida fue precedida por un largo período de "evolución química". Hay un acuerdo general en dos aspectos críticos acerca de la identidad de las sustancias presentes en la atmósfera primitiva y en los mares durante este período:

- había muy poco o nada de oxígeno presente y
- los cuatro elementos primarios de la materia viva (hidrógeno, oxígeno, carbono y nitrógeno) estaban disponibles en alguna forma en la atmósfera y en las aguas de la Tierra primitiva.
- La energía necesaria para desintegrar las moléculas de estos gases y volver a integrarlas en moléculas más complejas estaba presente en el calor, los relámpagos, los elementos radiactivos y la radiación de alta energía del Sol.

Oparin postuló que en las condiciones de la Tierra primitiva se formaron moléculas orgánicas a partir de los gases atmosféricos que se irían acumulando en los mares y lagos de la Tierra y, en esas condiciones (sin oxígeno libre), tenderían a persistir. Al concentrarse algunas moléculas, habrían actuado sobre ellas fuerzas químicas, las mismas que actúan sobre las moléculas orgánicas hoy en día. Estos agregados plurimoleculares fueron progresivamente capaces de intercambiar materia y energía con el ambiente. En estas estructuras coloidales -a las que Oparin llamó **coacervados**- (en cuyo interior podían optimizarse ciertas reacciones) se habría desarrollado un **metabolismo** sencillo, punto de partida de todo el mundo viviente. Con estos sistemas se pasó a una nueva etapa, la de evolución prebiológica. Los sistemas constituyen un nuevo nivel de organización en el proceso del origen de la vida, lo que implica el establecimiento de nuevas leyes. En los sistemas químicos modernos, ya sea en el laboratorio o en el organismo vivo, las moléculas y los agregados más

estables tienden a sobrevivir, y los menos estables son transitorios. De agregados que tenían mayor estabilidad química en las condiciones prevalecientes en la Tierra primitiva habrían tendido a sobrevivir. S. Miller aportó las primeras evidencias experimentales 29 años después de que Oparin publicara su teoría. Los experimentos de laboratorio han mostrado que, en estas condiciones, pueden formarse los tipos de moléculas orgánicas características de los sistemas vivos. Otros experimentos han sugerido el tipo de procesos por los cuales agregados de moléculas orgánicas pudieron haber formado estructuras semejantes a células, separadas de su ambiente por una membrana y capaces de mantener su integridad química y estructural. En el marco de la teoría de Oparin, se desarrollaron modelos alternativos, entre otros, el de Sidney W. Fox quien obtuvo estructuras proteicas limitadas por membrana -llamadas microesferas proteínoides- que podían llevar a cabo algunas reacciones químicas análogas a las de las células vivas.

Si bien estas microesferas no son células vivas, su formación sugiere los tipos de procesos que podrían haber dado origen a entidades proteicas con mantenimiento autónomo, distintas de su ambiente y capaces de llevar a cabo las reacciones químicas necesarias para mantener su integridad física y química.

Todos los biólogos acuerdan en que la forma ancestral de vida necesitaba un rudimentario manual de instrucciones que pudiera ser copiado y transmitido de generación en generación. La propuesta más aceptada es que el **RNA** habría sido el primer polímero en realizar las tareas que el **DNA** y las **proteínas** llevan a cabo actualmente en las células. Por errores de copia en su duplicación habría aparecido una

igual modo, dado que los sistemas presentaban heterogeneidad, los

inmensa variedad de RNA; más tarde, estas moléculas pasaron a ejercer control sobre la síntesis de proteínas. En una etapa ulterior, las proteínas habrían reemplazado al RNA en la función de acelerar las reacciones químicas. Mediante un proceso aún no esclarecido, la función de almacenar la información genética habría sido transferida del RNA al DNA, que es menos susceptible a la degradación química

Posteriormente, estas moléculas autorreplicantes se habrían introducido dentro de compartimientos. Uno de los mayores interrogantes que permanece abierto es cómo se produjo el pasaje de la química prebiótica a la aparición de la vida. Hasta el día de hoy los científicos no han podido transformar en el laboratorio la materia no viva en una célula funcional.

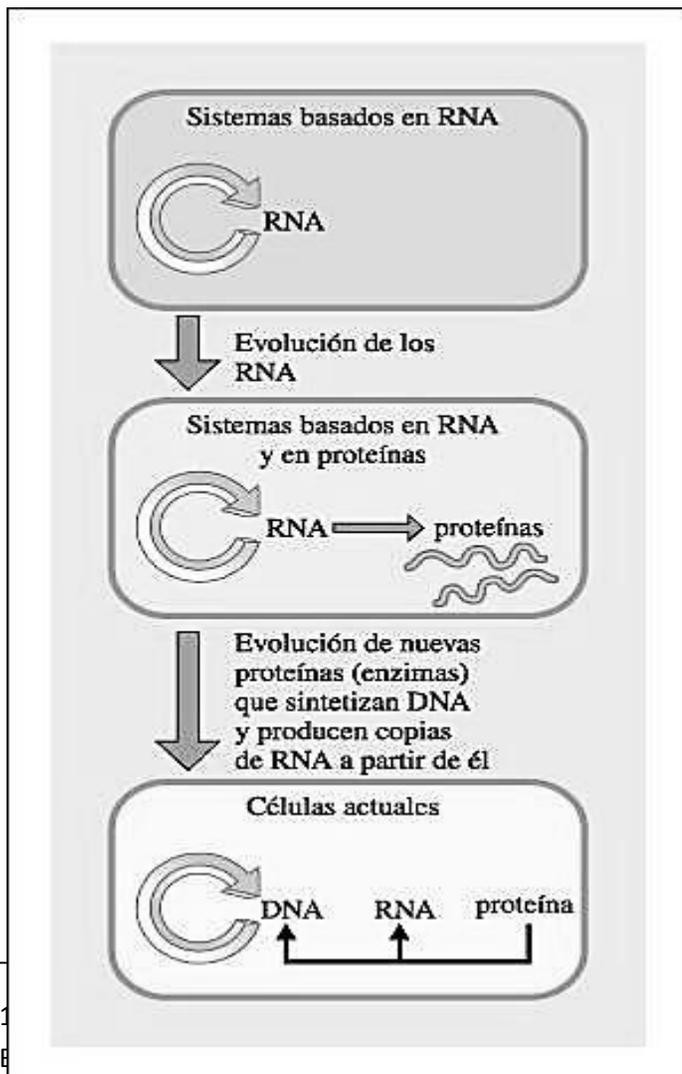
Sobre la base de los estudios astronómicos y de las exploraciones llevadas a cabo por vehículos espaciales no tripulados, parece que sólo la Tierra, entre los planetas de nuestro sistema solar, sustenta vida. Las condiciones en la Tierra son ideales para los sistemas vivos basados en moléculas que contienen carbono.

Frente a las controversias sobre el origen de la vida, algunos científicos reconocidos postularon que hasta las formas de vida más simples son demasiado complejas para haber surgido mediante reacciones químicas al azar en el seno de una sopa oceánica y ubicaron el origen de la vida en el espacio interestelar. Sin embargo, la vida podría ser muy distinta de como nosotros la conocemos. En el caso de que la vida hubiera surgido en Marte en forma independiente, no habría por qué esperar que ésta compartiera sus rasgos con la de los seres vivos terrestres. El fenómeno de la vida podría haber sido resultado de una combinación inimaginable de moléculas desconocidas y con propiedades diferentes. La uniformidad que subyace a la vida en la Tierra -notablemente, todos los organismos comparten un mecanismo de transmisión genética común basado en el DNA- sugiere que toda la vida actual descende de un único ancestro y, aunque no sería imposible que hubieran existido otras formas de vida que se extinguieron sin dejar rastros, no existen evidencias de ellas, ni siquiera por un breve período.

## LOS GRANDES CAMBIOS EN LA HISTORIA EVOLUTIVA

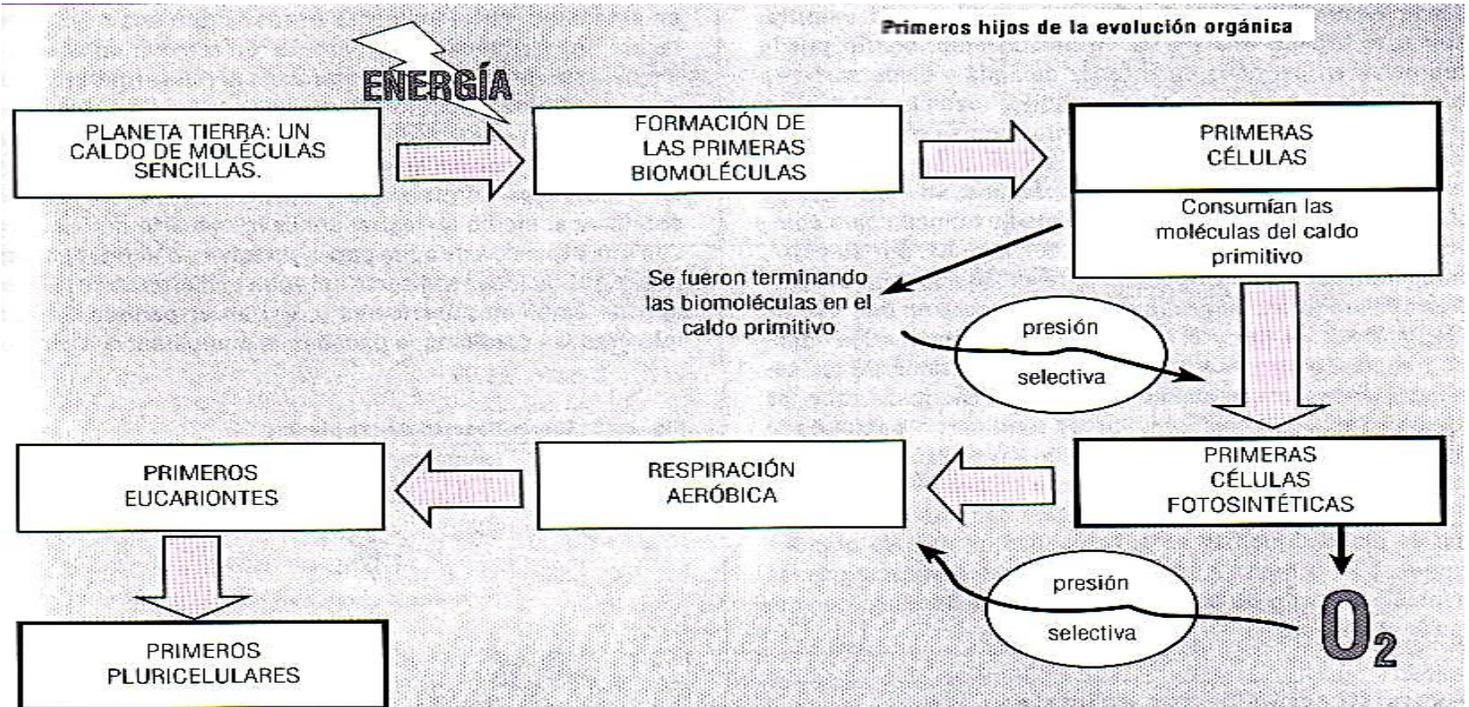
### LAS PRIMERAS FORMAS DE VIDA

Antes de iniciarse la vida en nuestro planeta, ocurrió la evolución química, por la cual se formaron las primeras biomoléculas orgánicas a partir de sustancias sencillas, gracias a la abundancia de energía que había en formas diversas, como energía calórica y eléctrica. Cuando estas moléculas fueron tan abundantes como para que sus altas concentraciones les permitieran interactuar, formaron moléculas mayores y agregados de macromoléculas. Así se puede haber formado una entidad capaz de replicarse, delimitada por una membrana, y que contenía enzimas que hicieron posibles las reacciones químicas. Nos estamos refiriendo a los precursores de las primeras células (de los primeros procariontes), llamados progenotes.



Cuándo ocurrió esto es algo que no se sabe, pero los fósiles más

antiguos, parecidos a bacterias, tienen tres mil millones de años. En



ese entonces la Tierra ya era un planeta donde había agua

líquida, condición esencial para que exista lo que entendemos por vida. Había, además, una atmósfera suficientemente densa como para protegerla, pero no tan densa como para que no le llegara luz solar, que es necesaria para la fotosíntesis.

Al formarse las primeras células, estas consumían la materia orgánica del ambiente abiótico, pero ésta se fue agotando. En esta situación estaban en ventaja las células que hacían un uso más eficiente de la energía, lo que significa que ellas fueron favorecidas por la selección natural. Si los primeros autótrofos convivieron con esos heterótrofos primitivos es algo que está en duda, pero lo que es seguro es que sin ellos la vida no habría podido continuar. Después de la aparición de la vida, la de la fotosíntesis es el segundo hito más importante en la historia evolutiva. El siguiente fue la evolución de los eucariontes. La aparición de la fotosíntesis tuvo varias consecuencias: en primer lugar apareció con ella el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) en la atmósfera, con lo que muchas formas de vida se extinguieron, y tomaron ventaja las que no sólo lo toleraban, sino que, además, le sacaban provecho como agente oxidante. En segundo lugar, con las moléculas de oxígeno que llegaron hasta estratos muy por encima de la atmósfera se formó la capa de ozono, que protegió a las formas vivientes de la radiación ultravioleta. Estos son ejemplos de enormes cambios en el ambiente abiótico provocados por los organismos.

Volviendo al origen de las células eucariontes, la hipótesis más aceptada para explicarlo es la de la asociación simbiótica entre células más sencillas. Se cree que cuando se acumuló el oxígeno en la atmósfera, algunos procariontes capaces de utilizarlo para generar ATP se introdujeron en células más grandes, originando las mitocondrias. Eso explicaría que estos organelos contengan ADN y ribosomas. De una manera parecida se habrían originado los cloroplastos a partir de procariontes autótrofos

**DE PROCARIONTE A EUCARIONTE; TEORIA ENDOSIMBIOTICA**

La teoría endosimbiótica describe el paso de las células procariotas (células bacterianas, no nucleadas) a las células eucariotas (células nucleadas constituyentes de los procariontes y componentes de todos los pluricelulares) mediante incorporaciones simbiogénicas. La teoría describe este paso en una serie de tres incorporaciones mediante las cuales, por la unión simbiogénica de bacterias, se originaron las células que conforman a los individuos de los otros cuatro reinos (protistas, animales, hongos y plantas). Según la estimación más aceptada, hace 2.000 a 1.500 millones de años la vida la componían multitud de bacterias diferentes, adaptadas a los diferentes medios, provocado por una alta capacidad de adaptación de estas bacterias al cambiante e inestable ambiente de la Tierra en aquella época. Hoy se conocen más de veinte metabolismos diferentes usados por las bacterias frente al único usado por los pluricelulares: el aeróbico (que usan el oxígeno como fuente de energía; las plantas utilizan dos: aeróbico y fotosíntesis), tal variedad revela las dificultades a las que las bacterias se tuvieron que enfrentar y su capacidad para aportar soluciones a esas dificultades.

**Primera incorporación simbiogénica:**

Una bacteria consumidora de azufre, que utilizaba el azufre y el calor como fuente de energía (arquea fermentadora o termoacidófila), se fusionó con una bacteria nadadora (espiroqueta) pasando a formar un nuevo organismo sumando sus características iniciales de forma sinérgica (en la que el resultado de la incorporación de dos o más unidades adquiere mayor valor que la suma de sus componentes). El resultado fue el primer eucarionte (unicelular eucariota) y ancestro único de todos los pluricelulares. El núcleoplasma de la células de animales, plantas y hongos sería el resultado de la unión de estas dos

bacterias. A las características iniciales de ambas células se le sumó una nueva morfología más compleja con una nueva y llamativa resistencia al intercambio genético horizontal. El ADN quedó confinado en un núcleo interno separado del resto de la célula por una

**Segunda incorporación simbiogénica:**

Este nuevo organismo todavía era anaeróbico, incapaz de metabolizar el oxígeno, ya que este gas suponía un veneno para él, por lo que capacidad para metabolizar oxígeno. Este nuevo endosimbionte, originariamente bacteria respiradora de oxígeno de vida libre, se convertiría en las actuales mitocondrias y peroxisomas presentes en las células eucariotas de los pluricelulares, posibilitando su éxito en un medio rico en oxígeno como ha llegado a convertirse el planeta Tierra. Los animales y hongos somos el resultado de esta segunda incorporación.

**Tercera incorporación simbiogénica:**

Esta tercera incorporación originó el Reino vegetal, las recientemente adquiridas células respiradoras de oxígeno fagocitarían bacterias fotosintéticas y algunas de ellas, haciéndose resistentes, pasarían a formar parte del organismo, originando a su vez un nuevo organismo capaz de sintetizar la energía procedente del Sol. Estos nuevos pluricelulares, las plantas, con su éxito, contribuyeron y contribuyen al éxito de animales y hongos. En la actualidad permanecen las bacterias descendientes de aquellas que debieron, por incorporación, originar las células eucariotas; así como aquellos protistas que no participaron en alguna de las sucesivas incorporaciones.

Para poder explicar la aparición en las células eucariotes de los organelos existe la **teoría autógena**, la cual postula que los orgánulos eucarióticos rodeados por membrana pudieron surgir a partir de

membrana. Esta parte de la teoría (incorporación de la espiroqueta) no es aceptada en la actualidad, pues sólo la defiende su creador Lynn Margulis y sus asociados.

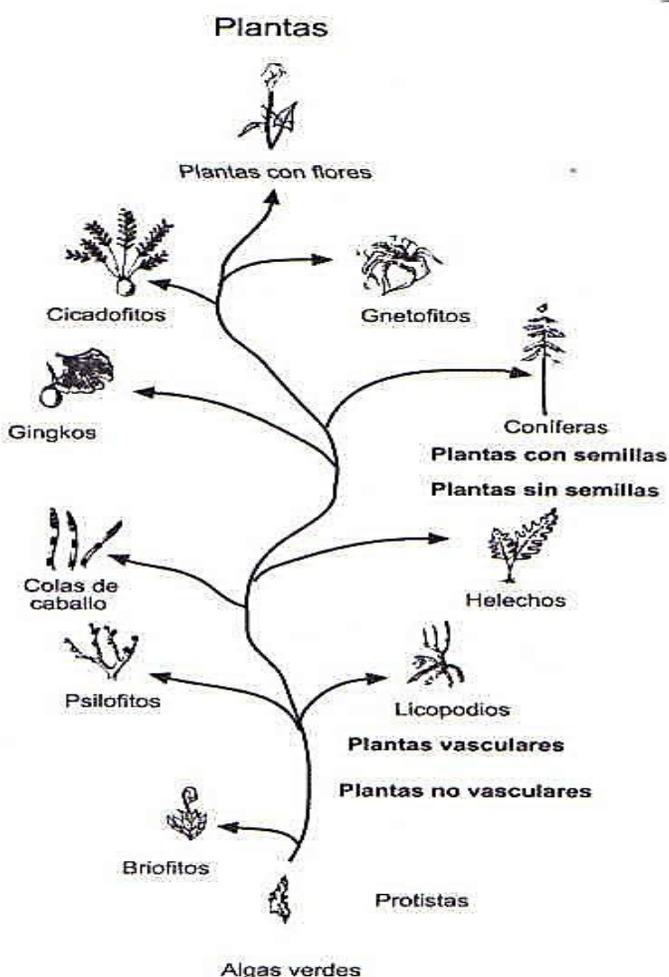
viviría en medios donde este oxígeno, cada vez más presente, fuese escaso. En este punto, una nueva incorporación dotaría a este primigenio eucariote de la

invaginaciones de la membrana plasmática que tomaron funciones independientes. De acuerdo con esta teoría la membrana nuclear, el retículo endoplásmico, el aparato de Golgi y los orgánulos rodeados por membranas sencillas (como los lisosomas) evolucionaron de este modo. Estos orgánulos se conocen a veces como el *sistema de endomembranas*.

**LA EVOLUCIÓN DE LOS PLURICELULARES**

Para que una célula funcione bien, debe asegurarse un cociente entre superficie de membrana y volumen celular por sobre cierto valor crítico; así como también uno entre núcleo y cantidad de citoplasma. Ambas exigencias imponen restricciones al tamaño que una célula y, por lo tanto, un organismo unicelular, pueden alcanzar. La solución para este problema estuvo en la **pluricelularidad**. Esta, además de permitir un tamaño de organismo considerablemente mayor, con todo lo que ello significa en posibilidades de adaptación al ambiente; permitió la especialización de distintas partes del organismo a distintas funciones. No obstante, la pluricelularidad impuso nuevos desafíos, tales como el transporte de grandes cantidades de materia y de energía dentro del organismo, la integración de las funciones de diferentes partes de éste y el tiempo necesario para el desarrollo del organismo completo. Los **hongos, las plantas y los animales** representan, con su diversidad, las diferentes adaptaciones para satisfacer esas necesidades.

**Diversificación de las plantas.**

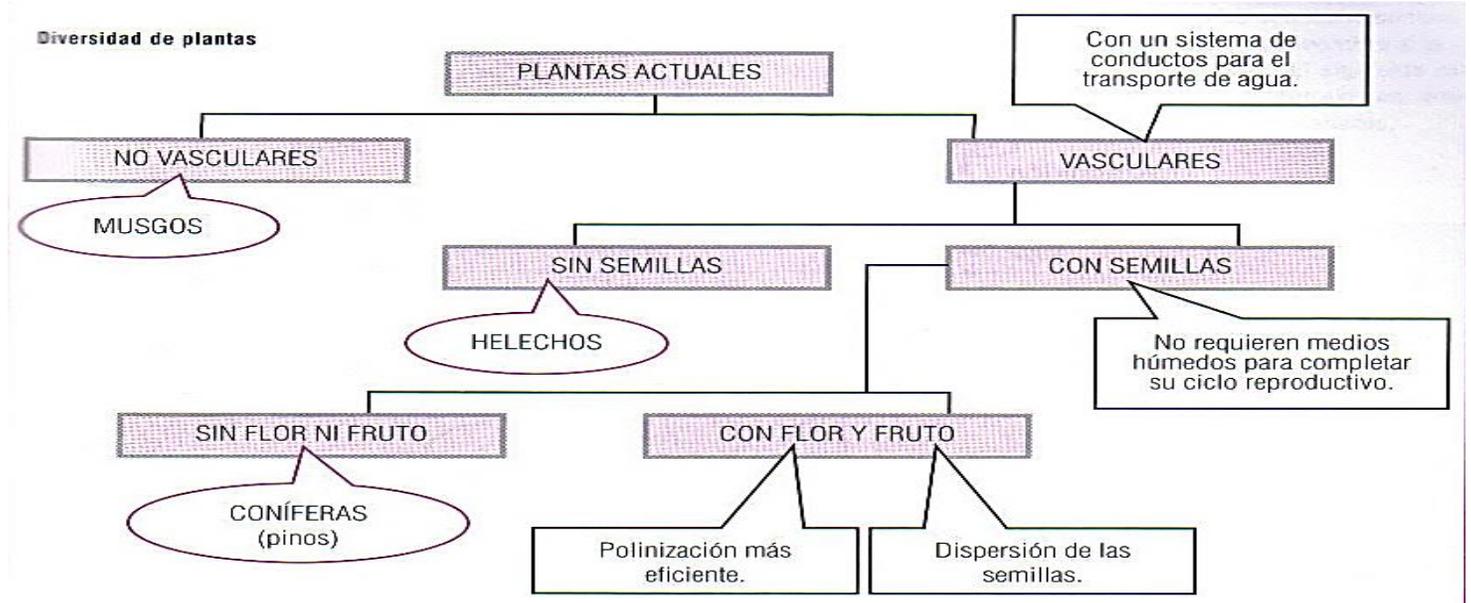


**La conquista del ambiente terrestre: PLANTAS**

Las plantas representan a los primeros organismos que conciliaron la exigencia elemental de agua para la vida con un medio seco como la superficie terrestre. Entre las primeras adaptaciones que las plantas desarrollaron para pasar del medio acuático al terrestre se cuentan una cubierta de cera, los estomas y el desarrollo de órganos capaces de proteger de la desecación a las células reproductoras. Más tarde, apareció una nueva adaptación: un **sistema vascular** para el transporte de agua, que hizo posible aumentar el tamaño considerablemente. El mejor ejemplo de plantas no vasculares que existen en la actualidad son los **musgos**. Después de los sistemas vasculares apareció la adaptación más importante desde el punto de vista del éxito reproductivo: la semilla. Con este órgano una planta en estado embrionario puede sobrevivir en períodos de escasez de agua y dispersarse, lo que significa una gran ventaja evolutiva, razón por la cual ya al final de la Era Paleozoica las plantas con semillas dominaron la Tierra. Entre las plantas vasculares sin semilla que existen en la actualidad están los helechos, en los cuales se puede constatar la necesidad de un medio húmedo para completar su ciclo de vida. Las plantas con semilla, por su parte, independizadas de la necesidad de un medio húmedo, se diversificaron y en un grupo de ellas aparecieron dos nuevas adaptaciones: **la flor y el fruto**. Las flores atraen a los agentes polinizadores y el fruto asegura la dispersión de las semillas.

Ambas adaptaciones fueron tan ventajosas, que las angiospermas (plantas con flores) terminaron poblando la Tierra. Entre las plantas sin flores que hay en la actualidad se cuentan los pinos y el ginkgo, que de grandes grupos, y se resume la diversificación de las plantas a lo largo de la evolución (la parte de abajo corresponde al pasado). En la Imagen de abajo se clasifica a la diversidad de grupos según sus características

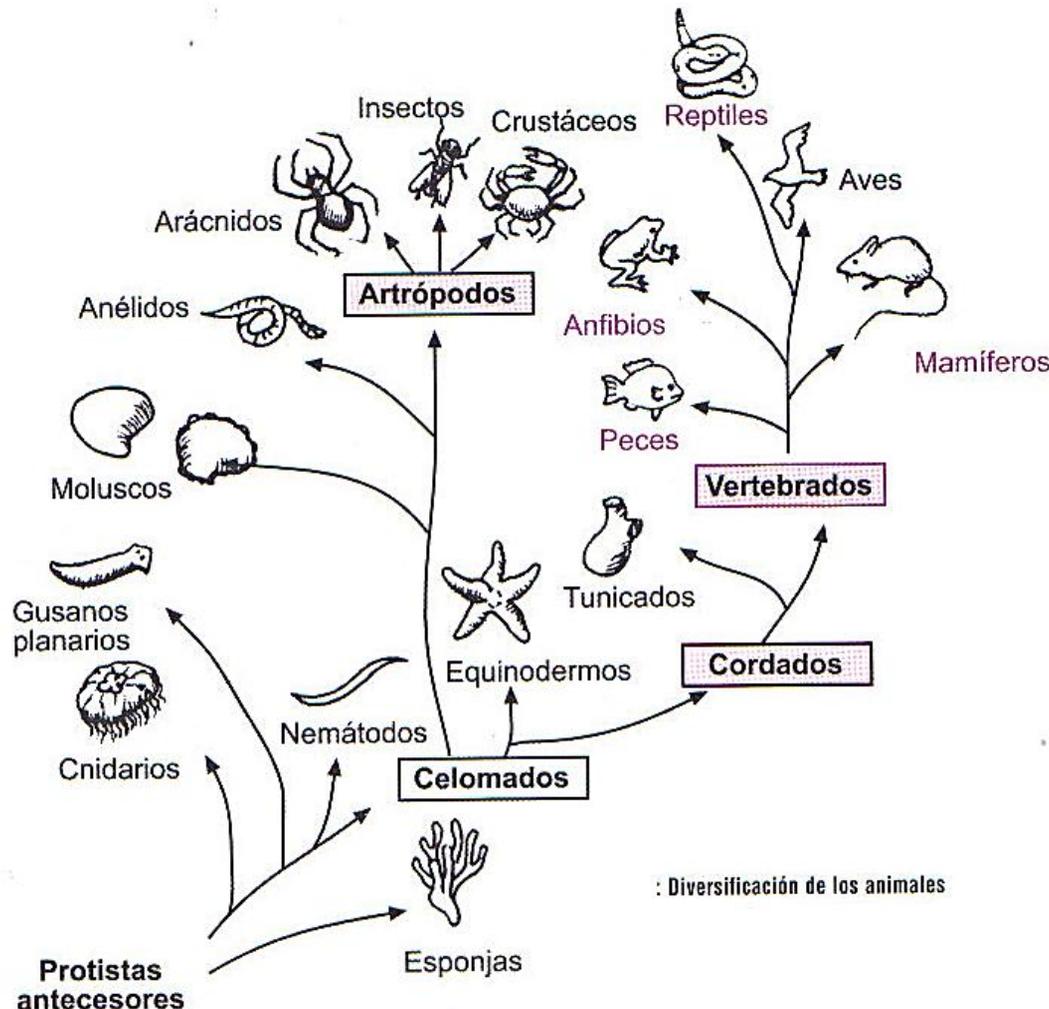
por su antigüedad se considera un fósil viviente. En la imagen de la izquierda se resume la diversidad de plantas que hay en la actualidad, a nivel



**Diversificación de los animales**

Los animales se originaron, al igual que las plantas, de los protistas, siendo su estructura fundamental la de un tubo dentro de otro, lo que mantiene relaciones adecuadas entre superficie y volumen. Además, al igual que en las plantas, el origen se encuentra en el medio acuático. Allí, en un grupo de invertebrados, apareció el celoma, una cavidad interna que provee de un espacio para los órganos. Entre los

celomados surgieron las adaptaciones que caracterizan al grupo de los cordados, a saber: la notocorda y el cordón nervioso dorsal. Actualmente este grupo incluye algunos invertebrados y a todos los vertebrados, de cuyo origen no hay muchos datos. De su evolución, en cambio, hay muchos en el registro fósil. A continuación se presentan los animales más conocidos, a nivel de grandes grupos. Puede apreciarse que todos los phylum contienen invertebrados y que sólo el de los cordados contiene vertebrados. Entre los de invertebrados, sólo el de los artrópodos contiene animales de medio terrestre, todos los demás son acuáticos, especialmente marinos.



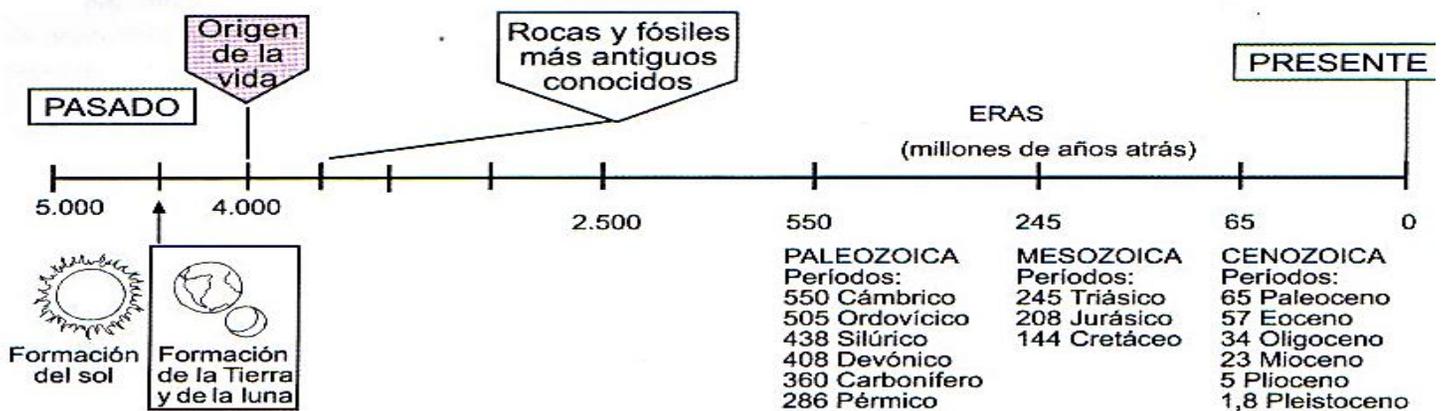
el de los artrópodos contiene animales de medio terrestre, todos los demás son acuáticos, especialmente marinos. Los vertebrados más antiguos son los peces no mandibulados. Al aparecer las mandíbulas con sus dientes, más organismos sirvieron de alimento, lo cual permitió un aumento en el tamaño. Entre los peces óseos surgió una nueva adaptación: los pulmones, que permitieron respirar en el aire. De los peces pulmonados de respiración aérea surgieron los primeros anfibios, grupo de animales capaces de sobrevivir en tierra, pero que necesariamente deben volver al agua para reproducirse, porque sus huevos se deshidratan rápidamente. Y entonces surgieron los reptiles, con una adaptación definitiva al medio terrestre: el huevo cubierto por cascara y con una provisión de agua para sobrevivir en tierra, el amnios.

1º MEDIO - GUIA Nº1 - CIENCIAS NATURALES - UNIDAD Nº1 - EVOLUCION Y BIODIVERSIDAD - TEMA 1 -EL ORIGEN DE LA BIODIVERSIDAD PARTE 1

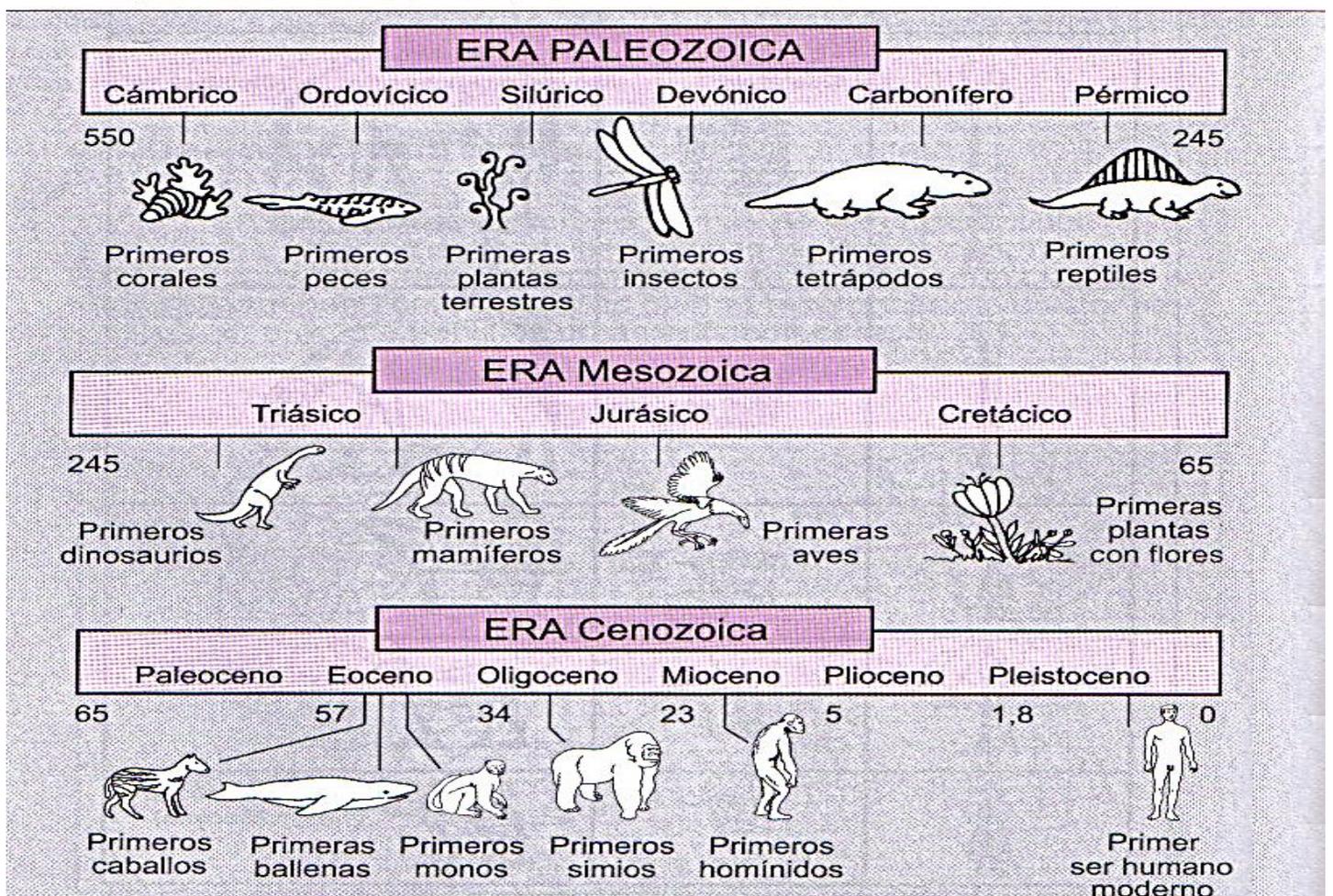
Al independizarse del agua pudieron colonizar todo tipo de ambientes terrestres y, así en el período Pérmico, mientras las coníferas le ganaban la competencia a los helechos gracias a la semilla, los reptiles hicieron lo mismo con los anfibios, debido a la presión selectiva de los climas más secos que aparecieron. De un grupo de reptiles tetrápodos surgió la tendencia al bipedismo (dos pies), liberándose las extremidades anteriores para volar. Había tres grupos de reptiles: los voladores, los tetrápodos y los dinosaurios. De los primeros evolucionaron las **aves**. El vuelo puede haber surgido como una adaptación que permitió ir de árbol en árbol o que, con el aleteo, permitía mayor velocidad al correr tras la presa. Como haya sido, aumentó el espectro de alimentos disponibles y produjo una gran

diversidad. De un grupo primitivo de reptiles no voladores se cree que surgieron los **mamíferos** primitivos. Según el registro fósil habrían sido insectívoros pequeños y nocturnos. Junto con la extinción de la mayoría de los reptiles, el registro fósil muestra una diversificación de estos mamíferos, que originaron a los marsupiales y a los placentarios. Entre las adaptaciones que aparecieron con los mamíferos está la mantención del huevo y de la cría en desarrollo dentro del cuerpo, sin necesidad de cascara, hasta el momento del nacimiento; y la alimentación de las crías con leche producida por las **glándulas mamarias**, que le dan el nombre al grupo, cuya otra característica son los **pelos**. El siguiente esquema ilustra la diversidad de vertebrados que existen, a nivel de grandes grupos, con énfasis en los mamíferos.

Historia evolutiva con eras y periodos



Principales hitos de cada era. Los números representan millones de años atrás





LICEO POLITECNICO SAN LUIS  
PROF. MARIO ISRAEL ROJAS

1° MEDIO - GUIA N°1 - CIENCIAS NATURALES - UNIDAD N°1 - EVOLUCION Y BIODIVERSIDAD - TEMA 1 -EL  
ORIGEN DE LA BIODIVERSIDAD PARTE 1

---