

Historia evolutiva de la vida

PhD Mohammad Badii¹, Dr. Jerónimo Landeros², Dr. Victoriano Garza³

Resumen. Se describen las etapas de la evolución de la vida en la Tierra. Se enfatizan los eventos más notables en los eones y las eras dentro del tiempo de la evolución de la vida. Por su relevancia, destacan los sucesos importantes en la evolución de la vida de los invertebrados, vertebrados (énfasis sobre los dinosaurios, mamíferos y primates) y plantas. Se mencionan los eventos cruciales, movimientos tectónicos y de forma resumida, el proceso de la glaciación durante la evolución de la Tierra.

Palabras clave: Evolución, tierra, vida

Introducción

El hombre siempre ha tenido la inquietud de conocer y comprender el mundo que lo rodea. En un principio a los fenómenos naturales que no podía explicar les atribuyo un origen divino. Posteriormente, al observarlos y describirlos, comprendió que la Tierra cambiaba de manera continua y se dio cuenta de que los seres vivos se adaptaban a estos cambios, lo cual motivo su interés por conocer su historia y evolución. Para entenderla historia de la Tierra es necesario estudiar los procesos que modifican su apariencia y ordenarlos cronológicamente. Al tiempo que comprende desde la formación de la Tierra hasta la actualidad se define como tiempo de la evolución de la vida o el tiempo geológico y abarca los eventos relacionados con la evolución de la vida sobre la Tierra (Eldredge, 1985a, 1985b).

Para entender y definir este tiempo, fue necesario descifrar los escritos hechos en las rocas. Las rocas sedimentarias fueron la base para establecer la escala temporal. A mediados del siglo XVII los científicos observaron cómo los ríos al depositar los sedimentos que transportan forman capas (estratos) que tienden a ser horizontales, las cuales cubren las ya acumuladas y se distribuyen en todas direcciones hasta desaparecer. Estas observaciones le permitieron proponer tres principios que fueron claves en la definición de este tiempo: *de la superposición, de la horizontalidad original y de la continuidad lateral.*

Estos principios fueron ignorados hasta que otros científicos descubrieron del tiempo que se requiere para que ocurran los procesos geológicos. También, al observar los cuerpos de roca en su natal Escocia se dio cuenta de que

aquellas afectadas por una intrusión ígnea o desplazadas (rotas), son más antiguas que la intrusión o la falla que las desplazo, a este principio se le conoce como relaciones de corte transversal. El principio de las inclusiones señala que la roca contiene otra debe ser mas reciente.

Los investigadores a principios del siglo XIX, observaron que las rocas sedimentarias contienen fósiles que no se repiten ni en los cuerpos de roca que los cubren, ni en los que yacen, dando origen al principio de la sucesión faunística. Este principio establece que los organismos fósiles se sucedieron unos a otros en un orden definido y determinable, por lo que cualquier intervalo de tiempo puede reconocerse basado en su contenido fósil.

Además, se descubrieron que aun en áreas distantes es posible identificar y relacionar cuerpos de roca separados geográficamente, con lo que establece la correlación estratigráfica. De acuerdo con los principios antes mencionados, los fósiles ordenados de manera cronológica pueden usarse para establecer edades relativas entre las rocas que las contienen, ubicándose los más antiguos en la base y los más recientes en la parte superior. Finalmente se pudo construir el primer mapa geológico basado en la identificación del contenido fosilífero y su correlación estratigráfica.

El ordenamiento cronológico de los eventos geológicos tuvo como resultado la creación de una escala de referencia temporal: la escala del tiempo de la evolución de la vida, la cual se basa en eventos geológicos globales; por ejemplo, el tiempo de vida predominante y sus extinciones masivas, los cambios climáticos, etcétera.

La primera división de este escala del tiempo fue propuesta en el siglo XVIII y un siglo después se dio la división actual: eras Paleozoica, Mesozoica y Cenozoica, tomando en cuenta los grandes cambios funísticos que marcan el paso de

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León.
mhbadii@yahoo.com.mx

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

³ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

una vida antigua a una intermedia hasta llegar a la vida nueva. Los diferentes nombres que se les asigna a las eras dependieron del nombre de la localidad donde se describió por primera vez, o bien, a alguna tribu que habitaba esa región. La escala del tiempo vital actual es un sistema internacional jerárquico donde el tiempo se ha dividido en unidades con diferentes duraciones y abarca desde los 4,600 millones de años, edad de nuestro planeta, hasta la fecha

La primera y más grande división de este escala temporal es el eón: El eón se divide en eras y estas en periodos y estos en épocas. En cada caso la duración es menor y obedece a importantes cambios o hallazgos de fósiles que proporcionen información sobre un tiempo específico.

Gracias al descubrimiento de los elementos radioactivos y a la determinación del tiempo que tarda un elemento químico en transformarse en otro (decaimiento radioactivo), pudieron establecerse las edades absolutas de los cuerpos de roca. Estas edades se expresan en años, generalmente miles o millones. Cuando una roca se forma los minerales que la constituyen pueden retener algunos elementos inestables (isótopos radioactivos) como el U o el Sm, los cuales se transforman en isótopos radiogénicos. Por ejemplo, el U_{238} se transforma en Pb_{206} y el K_{40} en Ar_{40} . El tiempo que tardan en transformarse la mitad de los elementos originales en los radiogénicos puede ser determinada si se cuantifica su concentración. Existen varios sistemas isotópicos que son utilizados en la determinación de las edades absolutas

de las rocas, entre ellos están: U-Pb, Rb-Sr, Sm-Nd, $^{40}Ar-^{39}Ar$, K-Ar, Re-Os. Para el caso del sistema U-Pb la transformación de U_{238} a Pb_{206} tarda alrededor de 4.5 millones de años, mientras la de ^{40}K a ^{40}Ar tarda 1.3 millones de años. Es decir, si se puede medir la concentración de U y Pb o de K y Ar en una muestra de roca es probable calcular su edad de formación.

Las condiciones iniciales de la Tierra no fueron ideales para el desarrollo de la vida; sin embargo, los procesos ocurridos en este tiempo fueron fundamentales para propiciar su aparición,

la incorporación de oxígeno libre a la atmósfera fue gradual y se cree que hasta hace más o menos 2,000 millones de años se contaba con la suficiente cantidad de dicho elemento para formar la capa de ozono. Esta protegió de los rayos ultravioleta a la superficie terrestre, lo cual permitió el desarrollo más acelerado de la vida. A continuación de describen los eones siguientes.

Arqueano

Las primeras evidencias de vida son los estromatolitos, estos tienen una antigüedad de 3,500 millones de años. Los estromatolitos son estructuras estratificadas originados cuando los granos de sedimento quedaron atrapados en matas pegajosas de cianobacterias fotosintéticas. En un principio la vida fue unicelular y su explosión ocurrió hasta finales del Precámbrico en el Neoproterozoico y a principios del eón Fanerozoico durante la era Paleozoica. Hace aproximadamente 600 millones de años ya existían organismos multicelulares.

Proterozoico

Durante el arqueano y principios del eón Proterozoico con la presencia de organismos procariontes, como las cianobacterias (estromatolitos), se incrementa abundantemente.

En el proterozoico medio aparecen los primeros eucariontes mediante un proceso llamado "endosimbiosis", mediante el cual los organismos unicelulares evolucionaron al incluirse de manera mutua, en un tipo especial de simbiosis genética, siendo los más



Habitantes del proterozoico y paleozoico temprano.

Fuente: HDNO. Atlas Oceánico

comunes las acritarcas, pequeñas estructuras esféricas con espinas bifurcadas o anastomosadas. Otro evento relevante del Proterozoico es la aparición de animales multicelulares (metazoos). A fines de este eón y hace 1400 Ma es cuando aparecen células más complejas, con núcleo definido y capaces de reproducirse sexualmente. Conforme estas evolucionaron se incrementó en gran medida la diversidad orgánica.

Las algas multicelulares se han encontrado en rocas de 1,000 Ma y hace 700 Ma

evolucionaron los primeros animales multicelulares. A estos en conjunto se les llama fauna ediacara y sus fósiles se encuentran en todos los continentes, excepto en la Antártida. Para el Proterozoico tardío los animales multicelulares complejos de cuerpo blando estaban distribuidos en casi todo el mundo, aunque su registro es escaso.

Fanerozoico

Cada una de las eras en que se divide este eón se caracteriza por los organismos que la dominaron, siempre dependientes de las condiciones climáticas y ambientales. Durante este eón hubo al menos nueve grandes extinciones y la ocupación de los nichos vacantes por nuevos grupos de organismos.

Era Paleozoica

Las características geológicas de principios de esta era son resultado del rompimiento del supercontinente Rodinia y la posterior consolidación de Pangea. Estos acontecimientos condicionaron la evolución y diversificación de la vida (Attenborough, 1980, Dyson, 1985). Muchos de los animales desarrollaron esqueleto o caparazón, dominaron los mares y comenzaban su adaptación en tierra firme. Algunos peces desarrollaron pulmones y originaron a los anfibios. Ciertos animales desarrollaron conchas duras, permitiendo su conservación como fósiles. Había moluscos con tentáculos que evolucionaron hasta convertirse en almejas y caracoles y artrópodos de patas articuladas que al evolucionar se transformaron en cangrejos y langostas.

Invertebrados

Los primeros organismos con partes duras aparecen en el Cambriano. Estos carecían de columna vertebral segmentada, entre ellos destacan los arqueociatidos, equinodermos, trilobites y braquiópodos. Los arqueociatidos son organismos que formaron estructuras parecidas a las de las esponjas y son característicos del cambriano. Para fines de este periodo ocurre la primera gran extinción de organismos en masa. Los trilobites disminuyeron drásticamente, aunque persistieron hasta finales del Paleozoico.

Para el Ordovícico ocurrió una trasgresión marina que inundó las tierras emergidas. Los organismos invertebrados de cuerpo blando se desarrollaron e incluyen artrópodos, equinodermos, esponjas, algunos cordados, esponjas, corales tabulares y rugosos, briozoarios, moluscos, equinodermos (particularmente blastoides y crinoides) y graptolites. Los trilobites se desarrollaron en tipos muy variados; aparecen

los nautiloideos y los calcicordados, seres con placas mineralizadas emparentados con las estrellas de mar y los lirios de mares actuales. Algunos científicos creen que los calcicordados se convirtieron en los primeros animales con espina dorsal. El final de este periodo fue marcado por otra extinción en masa hace 443.7 millones de años (con un rango de variación de 1.5 millones de años). Se presume que esta extinción fue resultado de una gran glaciación ocurrida en el continente Gondwana durante el Ordovícico tardío. Para el Siluriano algunos organismos se rediversificaron, entre ellos destacan los braquiópodos, briozoarios, gasterópodos, bivalvos, corales, crinoides y graptolites (Asimos, 1957).

Durante el devoniano en los mares eran comunes las algas, lirios de mar y arrecifes de corales primitivos rugosos y tabulares, mientras los gusanos y los trilobites excavaban en el fango del fondo de los lagos y océanos y los moluscos y crustáceos nadaban encima de ellos. En el Devoniano tardío ocurrió otra gran extinción que destruyó a casi todas las comunidades arrecifales del mundo; existen evidencias que a mediados de este periodo se produjo una glaciación. Los seres vivos sobrevivientes evolucionaron con mayor rapidez, por ejemplo, se desarrollaron nuevos trilobites, así como graptolites y braquiópodos

Para el Carbonífero los invertebrados volvieron a diversificarse después de la extinción devónica. Los grandes arrecifes de corales primitivos fueron sustituidos por arrecifes de esponjas y algas calcáreas. El grupo más importante de invertebrados del Pensilvanio y Permico fueron los fusulinidos, pequeños organismos, parecidos a las amibas con concha cuyo tamaño y forma es semejante a un grano de arroz.

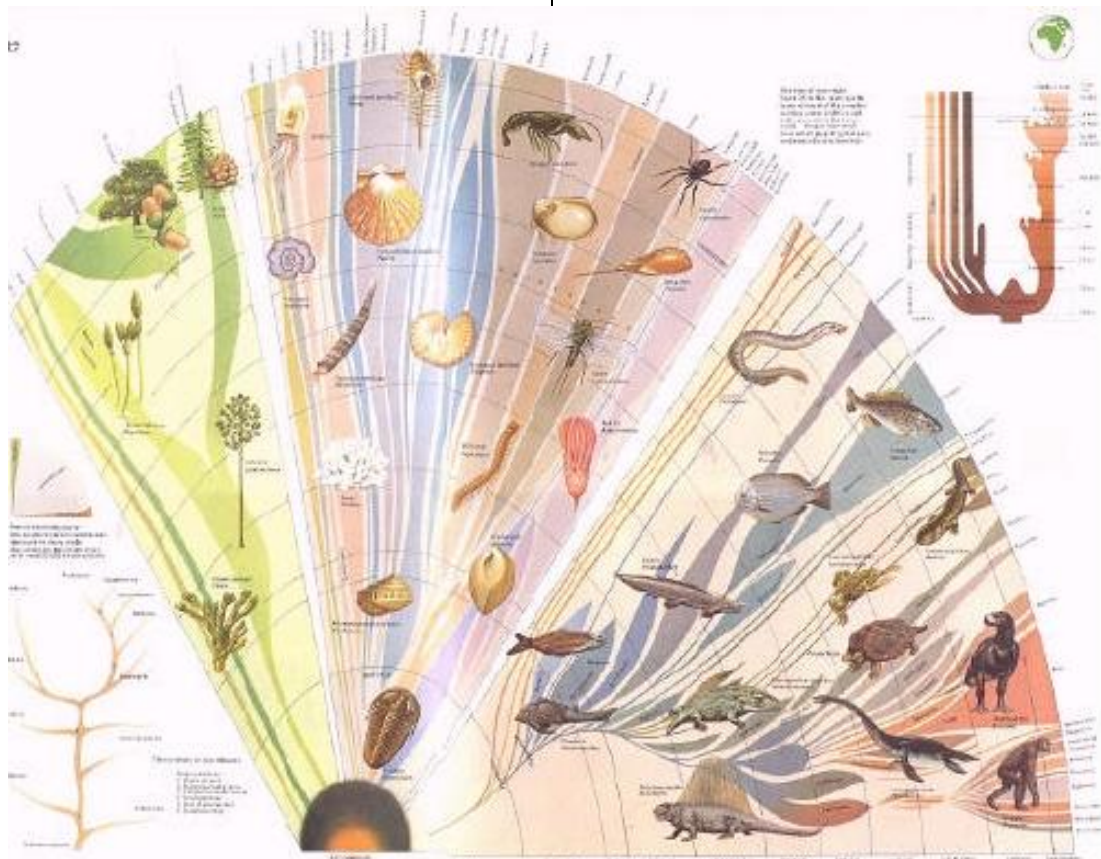
Vertebrados

En el Cambriano ya existían animales con columna vertebral segmentada: los ostracodermos, peces sin mandíbula y aletas mal desarrolladas, y en el Silurico evolucionaron otros dos grupos de peces: los placodermos, con mandíbulas y armadura pesada, y los acantodianos, peces caracterizados por espinas largas, escamas en casi todo el cuerpo y mandíbulas, dientes y armadura ósea reducida. En el Devoniano los tiburones hacen su aparición y el dunkleosteus, especie perteneciente al grupo de los placodermos, era el terror de los mares. En este tiempo vivió un pez de aletas lobuladas que tenía pulmones para respirar. Estos peces desarrollaron patas y dieron origen al ichthyostega, primer anfibio que caminó fuera del agua. Junto con el ichthyostega coexistían algunos animales terrestres minúsculos (ciempiés, ácaros y los primeros insectos).

Los vertebrados colonizaron todas las regiones de la tierra, pues al desarrollar escamas y piel ya no necesitaron volver al agua como parte de su ciclo de vida. Los reptiles comienzan su evolución en el Pensilvánico Tardío-Pérmico, sin embargo, los más antiguos pertenecen al Misisípico. Uno de los primeros grupos descendientes de estos reptiles son los pelicosaurios, dominantes en el Pérmico. Fueron los antepasados de los terápsido, parecidos a los reptiles mamíferoides que durante el Triásico dieron origen a los mamíferos (Young, 1950).

animales más pequeños que servían de alimento a los peces.

Las plantas con o sin semilla se desarrollaron conjuntamente en el Devónico, lo cual permitió su extensión en todas las regiones de la tierra. Las primeras plantas fueron de semilla sin flores llamadas gimnospermas, que incluyen a las cicadáceas, las coníferas y las ginkos actuales, flora dominante durante el paleozoico Tardío, particularmente, las regiones no pantanosas. El Carbonífero se caracteriza principalmente, por su proliferación de plantas y la abundancia de agua, lo que favoreció el desarrollo de los anfibios. La



Plantas

La evolución de la vida. Fuente World Wildlife Atlas.

Las plantas terrestres hacen su aparición en el Ordovícico Tardío, cuyas antecesoras fueron las algas verdes que pasaron del mundo marino al agua dulce y después a la tierra firme. La adaptación comenzó a través de una estructura vascular, es decir, de un tejido celular que les permitía transportar agua y nutriente, las plantas vasculares más antigua son pequeñas, sin hojas y sin semillas, y pertenecieron al Silúrico; se extendieron por los pantanos y en las orillas de los lagos hasta formar las primeras comunidades terrestres. Sobre estas plantas comenzó a poblarse la tierra con los parientes primitivos de los milpiés, ciempiés, insectos, ácaros y arañas, también plantas acuáticas y

abundancia de plantas en el Carbonífero

permitió que éstas al morir quedaran enterradas por el lodo, se secaran, se compactaran y formaran lo que llamamos turba. Esta se compone de capas de vegetación descompuesta y comprimida. Conforme la turba se comprimía por las capas de lodo y arena, se calentó hasta transformarse en carbón.

Para fines del Pérmico ocurrió la tercera y más grande extinción en masa. Esta acabo con cerca del 80% de los animales marinos y aproximadamente con el 50% de la vida terrestre; por ejemplo, más del 70% de los reptiles y anfibios se extinguieron. Las causas de la extinción son discutidas aun, algunos autores la atribuyen a la

consolidación de Pangea, que produjo la elevación de muchas regiones, el retiro de los mares que consecuentemente propició un cambio climático. Otra hipótesis actualmente discutida es que la extinción pudo ser resultado de un meteorítico o cometa similar al ocurrido a fines del Cretácico. El sitio del impacto se cree que pudo ser en Australia y es llamado "Bedont".

Era Mesozoico

A principios de esta era solo existía un continente llamado Pangea, razón por la cual los seres vivos se desplazaban con libertad. Durante el Mesozoico el clima era más cálido y húmedo que en nuestros días, con algunos intervalos de aridez y de condiciones frías al fin de la era. La gran extensión de los mares fue común. El Mesozoico es conocido como la era de los reptiles, también existieron muchos invertebrados y vertebrados como los mamíferos. Estos y las aves evolucionaron a partir de los reptiles, especialmente, se sabe que las aves lo hicieron de un grupo de dinosaurios carnívoros (velociraptor). La evolución de las plantas fue crucial para la adaptación de los vertebrados terrestres. Los helechos y coníferas dominaron durante el Mesozoico temprano y medio, mientras que las plantas con flores se expandieron en el Mesozoico Tardío. Al final del Mesozoico, hace 65 millones de años, tuvo lugar otra gran extinción que acabó con casi el 60% de las especies que existían, incluidos los dinosaurios.

Invertebrados marinos

La extinción del Pérmico ha sido la de mayor repercusión en la historia y evolución de la vida. Los moluscos sobrevivientes, almejas, ostras y caracoles se diversificaron y fueron abundantes, así como los equinodermos. Los cefalópodos (amonoideos y belemnites) fueron de los grupos de invertebrados más abundantes en el Mesozoico. Los braquiópodos no se recuperaron y desde entonces es grupo menor dentro de los invertebrados. Los corales, transformados en un grupo avanzado conocido como hexacorales, con especies solitarias y coloniales formadoras de arrecifes, volvieron a proliferar. Los foraminíferos, organismos unicelulares, se diversificaron en el Jurásico y Cretácico; particularmente, las formas flotantes o planctónicas fueron muy comunes, pero se extinguieron en su mayoría al final del Mesozoico y solo sobrevivieron algunas durante el Cenozoico. También florecieron los coccolitos y las diatomeas.

Vertebrados

En el Pérmico, las condiciones ambientales fueron adecuadas para el desarrollo, adaptación, evolución y distribución de los

reptiles. Para el Triásico Medio ya se habían desarrollado algunos reptiles como los tecodontos. Los dinosaurios y otros grupos importantes de animales surgieron en el Triásico Medio y Superior.

En el Triásico había reptiles nadadores que se impulsaban por medio de cuatro aletas, similares a remos. Los ictiosaurios, parecidos a los delfines actuales, nadaban en aguas poco profundas; el grupo más importante de reptiles fue el de los arcosaurios, cuyo nombre proviene de arco, recto; y saurio, lagarto. Los arcosaurios incluyen a los tecodontos, los reptiles más importantes del Triásico, dieron origen a los demás arcosaurios (Maynard Smith, 1983, 1986).

El fin del periodo Triásico lo marcó otra extinción y como consecuencia de la disgregación de Pangea se originaron dos continentes: Laurasia y Gondwana, separados por el mar de Tethys, lo cual modificó el clima. Las lluvias eran más continuas y, por tanto, la vegetación más abundante, permitiendo la evolución de los dinosaurios.

Desde finales del Triásico y Jurásico existieron los primeros prosaurópodos, tireóforos (reptiles acorazados) y ornitópodos primitivos. Entre los carnívoros vivieron los primeros carnosaurios y muchos dinosaurios pequeños terópodos como los celosífidos y los celúridos. En el Jurásico Medio las lluvias y la vegetación se incrementaron. También se diversificaron los dinosaurios, que compartían los continentes con ranas, lagartos y tortugas.

Dinosaurios

Las condiciones ambientales del Jurásico fueron las propicias para la expansión de las más de 33 clases de dinosaurios, los cuales dominaron hasta finales de la era Mesozoica, cuando se extinguieron. En la actualidad se cree que algunos dinosaurios eran endodermos (animales de sangre caliente). Los dinosaurios fueron diversos y poblaron casi todos los ambientes. Por su tipo de pelvis se reconocen dos órdenes: los saurisquios, con una pelvis parecida a la de los lagartos; y los ornitisquios, cuya pelvis es similar a la de las aves. Su antepasado común fue el lagosuchus, un arcosaurio carnívoro del Triásico Medio; medio menos de un metro de longitud y caminaba y corría sobre sus grandes extremidades.

Se reconocen dos tipos de saurisquios, los terópodos y los saurópodos. Los terópodos eran carnívoros bípedos cuyo tamaño era desde los 30 o 40 cm hasta animales de más de 15 m de largo y 5 m de alto. El tiranosaurio era uno de los más grandes, pues pesaba entre 7 u 8 toneladas. Entre los saurópodos había herbívoros gigantes como el apatosaurio, el dipodoco y el braquiosaurio. Las



huellas fósiles revelan que se desplazaban en manadas y dependían de su tamaño y costumbres gregarias como principal defensa contra sus depredadores.

Los ornisquios incluyen cinco grupos: ornitópodos, paquicefalosaurios, anquilosaurios, estegosaurios, ceratópsidos. Los ornitópodos eran herbívoros y principalmente bípedos, con extremidades superiores bien desarrolladas y podían caminar como cuadrúpedos, en este grupo se incluyen a los dinosaurios pico de pato. Estos fueron abundantes y variados particularmente en el Cretácico, algunos poseían crestas craneales que pudieron funcionar como cajas de resonancia para amplificar sus bramidos. Los dinosaurios pico de pato formaban colonias de anidamiento y quizá cuidaban sus crías al salir del cascaron y durante largas temporadas hasta que ellas se independizaban. La característica significativa de los paquicefalosaurios era su cráneo en forma de cúpula que resulta del engrosamiento de los huesos, el cual posiblemente utilizaban para pelear por el dominio de sus territorios. Los anquilosaurios eran herbívoros cuadrúpedos, algunos bastante grandes, de armadura gruesa que les cubría el lomo, los flancos y la parte superior de la cabeza; y la cola terminaba en una excrescencia ósea y larga, a modo de garrote. Los estegosaurios eran herbívoros cuadrúpedos con púas óseas en la cola para su defensa y placas corporales en el lomo, útiles para absorber y disipar calor. Los ceratópsidos de finales del cretácico evolucionaron de antepasados pequeños a comienzo de este periodo. Los últimos se caracterizaron por cabezas enormes, un grueso collar óseo llamada gol, ubicado en la parte alta del cuello y uno o mas cuernos prolongados en el cráneo. Se movían en manadas.

Entre los dinosaurios carnívoros del Jurásico Tardío había desde pequeños hasta de gran tamaño, como el gran megalosáurido. Se desarrollaban también las primeras aves y también los primeros dromeosáuridos. Los dinosaurios herbívoros eran muy variados. También hubo pequeños ornitópodos a partir de los cuales evolucionaron los primeros iguanodontes. Los saurópodos evolucionaron hasta convertirse en los mayores animales que han existido. Otros animales característicos de este periodo son los mamíferos con un tamaño y aspecto de rata, las tortugas de agua dulce, los cocodrilos, así como los pterosaurios de cola larga y dientes afilados especiales para atrapar peces.

Para fines del Cretácico los dinosaurios más comunes eran los hadrosaurios avanzados con crestas en la cabeza. Mientras estos herbívoros eran comunes y abundantes, los hipsilofodóntidos acabaron por desaparecer. Los paquicefalosaurios vivieron durante toda esta parte del periodo, entre

los ceratópidos (dinosaurios con cuernos) se extinguieron los psitacosáuridos y fueron reemplazados por los protoceratópsidos y los ceratópsidos, grupos muy comunes. Los protoceratópsidos se extinguieron y los ceratópidos existieron hasta el final de este periodo. Entre los tireóforos había anquilosaurios y nodosáurido. Entre los carnívoros hubo ornitomíidos parecidos a avestruces y los últimos dromosaurios, therizinosaurios, grandes carnívoros, llegaron a medir 15 m de largo.

Plantas

Durante el triásico el clima era seco y las plantas tuvieron que adaptarse para alcanzar las aguas subterráneas profundas. También se hicieron más altas en busca del sol, por lo que tuvieron que desarrollar tallos rígidos y fuertes. Las primeras planta con tallos rígidos y haces conductores fueron los equisetos y los licopodios; los primeros tienen anillos de finas hojas que se estrechan en el extremo, y los segundos son como grandes musgos con gruesos tallos rígidos. Estas plantas alcanzaron hasta los 30 m de altura. Aunque los helechos aparecieron en el periodo Devónico fueron más comunes en el Mesozoico, y en el periodo Triásico sustituyeron de manera progresiva a muchos de los licopodios y equisetos gigantes de épocas anteriores.

El predominio de los helechos era evidente en el Triásico, sin embargo, también existieron plantas hepáticas y musgos, cuyo desarrollo fue notable en pantanos y ríos. Estas plantas fueron alimentos de los dinosaurios herbívoros que a su vez eran presa de los dinosaurios carnívoros. En la actualidad siguen entre nosotros. Las plantas hepáticas viven en lugares húmedos y tienen cintado o lobulado, algunas tienen filamentos cortos con capsulas y diminutos depósitos en su extremo, responsables de diseminar esporas que se convertirán en nuevas plantas. Los musgos tienen tallos cortos con hojas y como son blandos no alcanzan mucha altura. Son rizoides, es decir, tiene finos cabellos que absorben el agua al igual que las hepáticas sólo crecen en lugares húmedos y no han cambiado.

En el Triásico y Jurásico las plantas terrestres eran vasculares con y sin semillazas, plantas con semilla no tenían flores y son conocidas como gimnospermas, en este último grupo están las coníferas que siguieron diversificándose. También, aparecieron las cicadáceas, cuyo aspecto externo es como el de una palmera. Ambos grupos de plantas aun existen, pero no con tanta abundancia. El dominio de las plantas sin semilla y las gimnospermas declino a principios del Cretácico para dar paso a las plantas con flores: las angiospermas, las cuales

se han adaptado a prácticamente todos los ambientes terrestres y mixtos.

Las primeras plantas con semilla en el Jurásico fueron las gimnospermas, o semillas desnudas, y aparecieron poco antes de los dinosaurios e incluyen a las cicadáceas, los ginkos y las coníferas. Las cicadáceas tenían un tallo como el de un tronco de un árbol y hojas similares a las de los helechos, que se extendían en un abanico en su parte superior. El polen era transportado en viento y sus semillas crecían en grandes piñas. En los bosques del Jurásico existían distintos tipos de ginko. Hoy solo sobrevive una especie, casi exactamente igual a sus parientes paleontológicos.

Para el cretácico tardío los continentes poco a poco adquirían su forma actual. Las plantas eran principalmente coníferas, helecho, musgos y cicadáceas. Sin embargo, para fines de este periodo las plantas emergentes eran aquellas que tenían flores: las angiospermas. Las angiospermas fosilizadas mas antiguas son las magnolias similares a las actuales.

Extinción masiva en el período Cretácico

Junto con la ocurrida al final del Paleozoico está es la extinción masiva de más importancia: la extinción fue súbita y se cree que más del 80% de especies marinas y terrestres desaparecieron, incluidos los dinosaurios, reptiles voladores y marinos, así como varias clases de invertebrados marinos. La hipótesis mas aceptada es la de un impacto meteórico, quizá de 10 Km. de diámetro. El impacto formo nubes de vapor y polvo que en muy poco tiempo enrarecieron la atmósfera, lo cual genero un cambio climático global que no soportaron los organismos. El impacto ocurrió en la costa de la península de Yucatán, México, y formo un cráter de aproximadamente 180 km de diámetro. La estructura es conocida como el cráter de Chicxulub y en su mayor parte esta sepultado en el mar, casi un kilómetro de lo que hoy es el mar caribe. Una hipótesis alternativa propone que la extinción es el resultado de una intensa actividad volcánica. Los mamíferos sobrevivientes de tal catástrofe alcanzaron su máxima evolución y diversificación durante la era Cenozoica.

Era Cenozoica

Es la era de los mamíferos, ésta representa la transición gradual a las condiciones ambientales presentes. El clima calido y húmedo del Mesozoico fue sustituido por otro más frío y seco, cuyo cambio propició una vegetación parecida a un parque, bosque, matorral y pastizal. La variación del clima fue resultado del desplazamiento de los continentes; los primeros 20

millones de años fueron calidos, con desarrollo de selvas tropicales, muy cercanas a los polos. Los primeros mamíferos y aves se desarrollaron en un clima húmedo y caluroso. Los océanos se enfriaron alrededor de los polos y se formaron los casquetes polares, por lo que el clima fue cada vez más extremo. Estos cambios propiciaron la desaparición de algunas aves y mamíferos, sobreviviendo los mejor adaptados, de donde surgieron los primeros antepasados de la mayoría de los mamíferos actuales. El primer perro y la primera foca aparecieron en América del Norte durante el Oligoceno.

Invertebrados

Invertebrados marinos como los foraminíferos discoidales, así como los mulites fueron característicos del mar Tethys y de la parte occidental del atlántico. Pequeños foraminíferos planctónicos proliferaron y marcaron la diversificación en el Cenozoico. Gasterópodos y pelecípodos fueron los invertebrados marinos dominantes. Los arrecifes de hexacorales comenzaron a dominar en todas las plataformas de mares someros y cálidos a lo largo del Tethys, el caribe, las indias occidentales y alrededor del Pacífico.

Vertebrados

Los reptiles sobrevivientes del Mesozoico incluyen tortugas, cocodrilos, lagartijas, serpientes y rinocefálicos (por ejemplo, la tuatara en Nueva Zelanda) que sobreviven hasta nuestros días. Aunque es escaso el registro de los pájaros, muchos de los órdenes modernos aparecieron en el Eoceno.

Mamíferos

Los antepasados de los mamíferos son del Triásico y en el Cretácico aún eran unas cuantas especies las que existían, desde las ancestrales “musarañas”, las cuales dieron origen a los mamíferos con placenta.

Los únicos mamíferos que ponen huevos son los monotremas. Los marsupiales nacen en condiciones casi embrionarias y completan su desarrollo en el marsupio o bolsa de la madre; en la actualidad, con algunas excepciones, solo hay marsupiales en Australia. Los placentados o euterios nutren a sus embriones de la placenta, lo cual les permite un desarrollo mejor antes de nacer. Más del 90% de los fósiles y mamíferos actuales son placentados. Los mamíferos euterios vienen desde el Mesozoico, sin embargo, su diversificación y proliferación acentuada se produjo hasta el cenozoico. Por ejemplo, los antepasados de los hipopótamos, caballos, ballenas

y elefantes tienen pocas semejanzas con sus descendientes actuales.

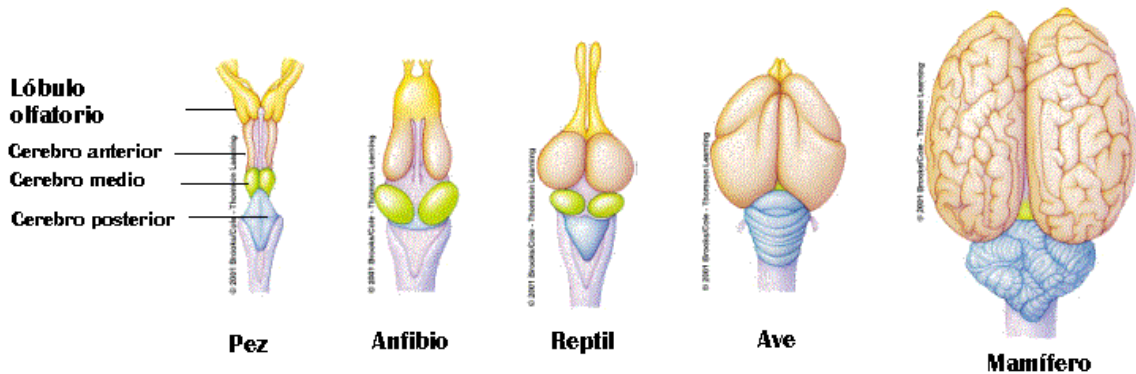
De algunos mamíferos como los camellos y caballos y sus parientes actuales, rinocerontes y tapires, se tiene un buen registro fósil de su evolución. Por ejemplo, los camellos provienen de antepasados pequeños de cuatro pesuñas que abundaron en América del Sur y Asia donde aun sobreviven. Los caballos y sus parientes actuales, rinocerontes y tapires, también evolucionaron de antepasados pequeños a comienzos del Cenozoico y fueron comunes en Norteamérica donde desaparecieron, pero aun se les puede encontrar en el viejo mundo (Cairns-Smith, 1985).

En el Pleistoceno, la tendencia evolutiva fue hacia el gigantismo, los grandes mamíferos eran comunes, aunque también hubo mamíferos pequeños. En América del Norte había mastodontes, mamut, bisontes gigantes, perezosos de tierras enormes, camellos gigantes y castores de casi 2 metros de altura. En Europa y parte de Asia abundaron los osos trogloditas, elefantes y alces. Además, en Madagascar, Nueva Zelanda y

del tamaño del cerebro, dientes pequeños en menor número y más especializados, la evolución de la vista estereoscópica y la mano oponible. Se cree que los primates primitivos comenzaron su evolución en el Cretácico Tardío; pues ya existían para el Paleoceno y en el Eoceno ya había aparecido los grandes primates. Para el Oligoceno los monos primitivos tanto en el viejo y en el nuevo mundo habían evolucionado en Sudamérica y en África.

Los homínidos (Hominidae), familia de primates que comprende a los seres humanos actuales y sus antepasados extintos, tiene un registro fósil a partir de los 4.4 millones de años de antigüedad. Varias características los distinguen de otros primates: caminan en dos extremidades, muestran tendencia a desarrollar un cerebro grande y complejo, fabrican y usan herramientas elaboradas.

El *Ardipithecus ramidus* es el más antiguo, se descubrió en Etiopía, tiene 4.4 Ma y el esqueleto está casi completo. El término *Australopithecus* comprende cinco especies. Muchos



Australia habitaron aves gigantes. Muchos aun persisten. Una explicación al gigantismo es que durante el Pleistoceno las temperaturas eran frías, y los animales grandes tienen menos área superficial en proporción al volumen y retienen mejor el calor que los animales pequeños. Es de destacar que hace 10,000 años se extinguieron casi todas las grandes especies terrestres de América del Norte, América del Sur y Australia. Esta extinción fue mínima comparada con las del pasado y afectó solo a los grandes mamíferos quizá por que no se adaptaron con rapidez a los cambios climáticos del final de la era de hielo (Mayer, 1963, 1969).

Primates

La evolución de los primates comienza de un antepasado común habitante de los árboles (arborícola). La evolución de los primates incluye cambios en el esqueleto y la locomoción, aumento

Evolución del sistema nervioso de los vertebrados. Fuente: UC Davis.

paleontólogos aceptan que el ser humano y los *Australopithecus* se separaron de un antiguo antepasado común; el *Australopithecus* hace menos de 3 Ma. El miembro más antiguo de nuestro propio género humano es el *Homo habilis* que vivió hace 2.4-1.4 millones de años. De él evolucionó a *Homo erectus*, especie muy extendida que emigró de África en el Pleistoceno. Aunque se sabe que el *Homo habilis* ya era capaz de fabricar herramientas, el *Homo erectus* las perfeccionó y gracias a ello pudo aprovechar el fuego y vivir en cuevas. En la actualidad está en debate la transición entre *Homo erectus* y *Homo sapiens*. Se cree que la transición está representada por el *Homo heidelbergensis*. Algunos científicos defienden la idea que al emigrar el *Homo erectus* de África hace 2 MA se diseminó por todo Euro Asia.

Los más famosos de todos los fósiles humanos son los de Neandertal, que habitaban en

Europa y Oriente próximo hace 230,000 a 30 000 años. Basados en especímenes de más de 100 sitios, ahora se sabe que los neandertales no eran muy diferentes a nosotros, solo más robustos.

Historia evolutiva de la tierra

La historia de Tierra inicia hace aproximadamente 4,600 millones de años. Durante ese tiempo, eran comunes los impactos meteóricos, los cuales junto con la incorporación de partículas hicieron crecer el planeta.

En la actualidad se sigue discutiendo si los procesos de acrecentación se dieron a altas temperaturas o no. Además, los diversos elementos y compuestos que forman la Tierra inician su proceso de diferenciación en capas, dando origen al núcleo, manto y la corteza. El núcleo es la capa más interna y densa; esta conformada principalmente por hierro (Fe), y níquel (Ni). La capa intermedia es el manto y esta compuesta predominantemente por silicatos de Fe y magnesio (Mg). La capa más externa y ligera es la corteza compuesta por silicatos de aluminio (Al), potasio (K), sodio (Na), Fe y Mg, la cual está dividida en dos partes que varían lateralmente conocidas como corteza oceánica y corteza continental (Hallam, 1973).

Quizá uno de los procesos más importantes que ocurrieron en los primeros 2,500 millones de años de la Tierra fue la formación de las cortezas oceánica y continental. Este desarrollo comenzó con la formación del manto abundante en silicatos de Fe y Mg. Las altas temperaturas existentes permitieron que su parte superior tuviera cierto porcentaje de material fundido, cuyo resultado fue la presencia de magmas ricos en Fe, Mg, Si y O, que formaron rocas volcánicas a más de 1,500 °C de temperatura llamadas komatitas. Las más antiguas tienen 2,500 millones de años. Poco a poco los magmas de la corteza comenzaron a formarse a temperaturas menores y su composición fue basáltica.

Los materiales sólidos expuestos en la superficie de la Tierra comenzaron a fragmentarse, alterarse y disgregarse para después depositarse, compactarse y cementarse originando las rocas sedimentarias. Estas rocas junto con las volcánicas se reincorporaron a la parte interna de la tierra a través de las llamadas zonas de subducción. Los elementos químicos más ligeros que componían a estas rocas se fundieron y originaron magmas menos densos que con el transcurso del tiempo formaron la corteza continental. La corteza oceánica es rica en Fe, Mg, Si y O mientras la continental lo es en Al, K, Si, Na y O. Como la corteza oceánica es más pesada que la continental, la primera se hundió debajo de la segunda, reciclándose de manera periódica.

Con respecto al origen de la atmósfera la teoría más aceptada es la que propone que en los inicios de la Tierra, la preatmósfera estaba compuesta por nitrógeno (N), dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua, y en menor cantidad de hidrógeno (H) y monóxido de carbono (CO). Se cree que los primeros organismos fotosintéticos aparecieron hace 3,800 millones de años y que junto con los gases anteriores reaccionaron: CO₂ + H₂O → CH₂O + O₂, lo que hizo que el oxígeno se incorporara a la atmósfera y el CH₂O a los sedimentos. La atmósfera tiene oxígeno libre desde hace 2,500 a 2,000 millones de años. Una evidencia de la adición del oxígeno en la atmósfera es la presencia de capas de hierro en las rocas de esa edad (Dyson, 1985).

La acumulación de los cuerpos de agua sobre la superficie de la Tierra se dio cuando la atmósfera fue lo suficiente fría para condensar el agua, así que de manera gradual se llenaron las grandes depresiones y se originaron los océanos. La mayor parte del agua provino de la parte interna de la Tierra. La evidencia principal de esto es que las rocas más antiguas formadas en el mar tienen 3,800 millones de años (Mayer, 1982).

El Precámbrico

El Precámbrico tiene una duración de poco más de 4,000 millones de años, desde los 4,600 hasta los 542 millones de años. En su inicio tuvo una actividad volcánica intensa, su atmósfera fue densa y compuesta por gases tóxicos, como el metano, hidrógeno, dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua. Conforme disminuyó la temperatura la superficie terrestre se enfrió y permitió la acumulación de agua, lo cual propició el origen de la vida. El Precámbrico se divide en dos eones: el Arqueano y el Proterozoico.

Arqueano

Abarca de los 3,600 a los 2,500 Ma. Sus altas temperaturas favorecieron el ascenso del magma, y su posterior enfriamiento duro 3,500 Ma, aunque en rocas sedimentarias se han encontrado granos minerales (zircones) de 4,000 a 4,300 Ma de antigüedad, lo que sugiere un registro rocoso más antiguo que desapareció por eventos geológicos posteriores. En este contexto, se cree que la dinámica de la tectónica de placas aparece hasta después de los primeros 1,000 Ma.

Proterozoico

Se extiende de los 2,500 a los 542 millones de años. En los bloques continentales comienzan a crecer debido a la generación de orógenos, destacando la formación de un continente: Laurentia, que incluyó la actual Norteamérica y presentó una tectónica de placas

similar a la actual. La compresión originada por la acreción de estos elementos al núcleo continental produjo la formación de montañas conocidas como orógenos y en las cueles ocurren procesos geológicos como el metamorfismo, actividad ígnea y deformación, entre otros. En las rocas proterozoicas existen evidencias de las primeras glaciaciones: la primera en el Proterozoico Temprano y la segunda hacia el Proterozoico Tardío.

La dinámica de las placas en el Proterozoico dio origen a un gran erógeno conocido como Grenvilliano, que se formó hace aproximadamente 1,000 millones de años y como amalgamó a todos los bloques continentales que originaron el primer supercontinente que existió, es decir, el Rodinia. El clima varió desde tropical a subtropical debido a la presencia de estromatolitos (secuencias carbonatadas), hasta condiciones frías que acompañaron a los episodios de glaciación continental.

Fanerozoico

Abarca de los 542 millones de años a la actualidad. Inició con el rompimiento de Rodinia, lo cual originó océanos entre las masas continentales fragmentadas. Uno de estos océanos fue el Iapetus o proto-Atlántico, el cual desapareció debido a la colisión de América del Norte con la parte occidental de Europa y los bloques continentales ubicados en el hemisferio sur (África y América del Sur, principalmente), cuyos territorios en conjunto formaron la Gondwana. El Fanerozoico se divide en tres eras: Paleozoico (vida antigua) que comprende los 542 ± 1 a 251 ± 0.4 Ma, el Mesozoico (vida intermedia) de 251 ± 0.4 a los 65.5 ± 0.3 Ma atrás, y el Cenozoico (vida reciente) que comprende los últimos 65.5 ± 0.3 Ma.

La vida se desarrolló y evolucionó con rapidez. Los primeros organismos fueron acuáticos. Los vertebrados aparecieron hace aproximadamente 520 millones de años y se limitó a las condiciones marinas; las primeras formas fueron los peces primitivos. Distintos tipos de plantas y animales se adaptaron a vivir en otras condiciones como el agua dulce y a vivir sobre la tierra hace unos 420 millones de años. Los primeros vertebrados que aprovecharon la tierra fueron los anfibios, ya que parecieron hace 370 millones de años. Los dinosaurios dominaron la tierra durante la era Mesozoica, y el límite entre el Mesozoico y el Cenozoico está definido por su desaparición. Las grandes extinciones masivas ocurren en este Eón, es decir, tres en la era Paleozoica y dos durante la era Mesozoica.

Era Paleozoica

Se dividió en seis periodos. Las características geológicas de esta era son resultado del rompimiento y disgregación de Rodinia, así como de la integración del segundo supercontinente, Pangea.

Los continentes tenían una forma, tamaño y distribución diferente a la de los actuales, estaban dispersos y se ubicaban en latitudes tropicales bajas. Existían seis grandes continentes y algunos otros más pequeños. Estos eran:

1. Gondwana compuesto por África, Antártida, Australia, Florida, India, Madagascar y algunas partes del Medio Oriente y el sur de Europa.
2. Laurentia incluía la mayor parte de Norteamérica actual, Groenlandia, el noroeste de Irlanda, Escocia y la parte oriental de Rusia.
3. Báltica formado por Rusia, al oeste de los montes Urales, y la mayor parte del norte de Europa,
4. China integrado por China, Indochina, y la península Malaya.
5. Siberia, compuesta por Rusia al este de los montes Urales y Asia del Norte de Kazakstán y el sur de Mongolia
6. Kazakstania, compuesto por Kazakstán, sin embargo, algunos lo consideran una extinción de Siberia

Para el Cambriano Tardío, los mares cubrían grandes extensiones de tierra, limitándose las porciones emergidas al noreste de Gondwana, este de Siberia y centro de Kazakstania

El Ordovícico se distingue por una tectónica convergente con la creación de arcos de islas y la consecuente formación de rocas volcánicas. El continuo movimiento de los continentes propició su acercamiento y colisión, lo cual cerró el Iapetus. Esto originó la formación de erógenos que se manifestaron a través de la formación de grandes cadenas montañosas; por ejemplo, los Apalaches en América del Norte y las montañas Caledonianas en el Noroeste de Europa. Hubo glaciaciones en el hemisferio sur debido al desplazamiento de Gondwana hacia el polo sur. En este tiempo los días tenían menor duración y las mareas eran fuertes.

Para el Silúrico el continuo desplazamiento de los continentes ocasionó el cierre de los océanos y la creación de grandes cadenas montañosas, formándose mares poco profundos debido a la elevación del nivel del mar y la temperatura. Báltica se desplaza al noroeste de Laurentia y su colisión forma Laurasia, que cierra la parte septentrional de Iapetus. Después de este

evento, la parte meridional del Iapetus se mantuvo abierta entre Laurentia y Gondwana. Mientras que Siberia y Kazakhastania se movieron de una posición ecuatorial meridional del Cámbrico a latitudes templadas en el norte para fines de este periodo.

Durante el Devónico solo existieron dos masas continentales importantes: Laurasia, compuesta por las actuales América del Norte, Europa y casi toda Asia; y Gondwana, compuesta por América del Sur, África, Australia, India y Antártida. Extensas zonas de Laurasia y algunas de Gondwana estaban cubiertas por mares poco profundos. Durante este periodo los dos grandes continentes se fueron acercando al continuar el cierre del océano Iapetus, la distancia se hizo más corta hasta que colisionaron durante la orogenia Acadiana a lo largo del margen oriental de Laurentia.

Para el Carbonífero, Gondwana meridional se movió hacia el sur, lo que produjo una glaciación continental. Como consecuencia del avance y el retroceso de estos glaciares, el nivel del mar varió a escala continental. Posteriormente, Gondwana se desplazó al norte hasta chocar con Laurasia en el Carbonífero. Esta colisión produjo la orogenia Ouachita en la región de Oklahoma, que se formó con Kazakhastania y se desplazó hacia Laurasia (Báltica), continente con el que también choco durante el Pérmico Temprano. Todos estos eventos de colisión entre los continentes paleozoicos dieron como resultado la integración del segundo supercontinente en la historia de la Tierra, Pangea. La formación de Pangea se complementó en el Pérmico con un solo océano que lo rodeaba, Panthalasa. La constitución de un supercontinente afectó el clima (Hallam, 1973).

Era Mesozoica

Inicia hace 145.5 Ma y se divide en tres periodos: triásico, Jurásico y Cretácico. Los eventos geológicos ocurridos a lo largo de esta era son el resultado de la división de Pangea. A lo largo de todo este período el clima fue más cálido y húmedo que en nuestros días, con algunos intervalos de aridez y episodios de condiciones frías hacia el fin de la era. La fragmentación de Pangea comenzó en el Triásico Tardío con la separación de Laurentia y Gondwana. Entre ambos continentes se formó el mar Tethys. En el Triásico Tardío, el océano Atlántico en expansión se separó a Norteamérica de África. Las masas continentales que constituían Gondwana comenzaron a separarse desde el Triásico Tardío al Jurásico. Durante el Triásico, la Antártida y Australia se separaron de Sudamérica y de África, al mismo tiempo que la India se desplazó al norte y se retiraba de Gondwana.

En esta etapa el extremo oriental del mar de Tethys empezó a cerrarse debido a la rotación a la derecha de Laurasia y el movimiento de África hacia el norte. El reducido mar quedó del Jurásico Tardío y el crecimiento temprano fue el precursor del presente mar Mediterráneo. Para fines del Cretácico, Australia y Antártida ya estaban separadas. La India ya había llegado casi a la mitad del ecuador, Groenlandia se había separado por completo de Europa y se alejaba de América del Norte; y Sudamérica y África se habían apartado mucho. Para el Cretácico Tardío los continentes comenzaban a adquirir su forma actual.

Era Cenozoica

Es la era con el más amplio y mejor registro geológico. Como resultado de la distribución y posición de los continentes, cada vez más parecida a la actual, poco a poco se adquiere las condiciones ambientales recientes. Esta dividida en tres periodos: Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. Con la fragmentación de Pangea, la mayor actividad orogénica se concentró en dos cinturones, el Alpino y el Circunpácífico. El primero incluye las regiones montañosas del sur de Europa y norte de África, se extiende este a través del Medio Oriente y la India para adentrarse en el sureste asiático. El segundo incluye toda la cuenca del océano Pacífico. El cinturón Alpino-Himalayo comenzó a formarse en el Mesozoico y continuó aun durante las épocas Eoceno y Mioceno Tardío, al mismo tiempo que las placas de África y Arabia se movían hacia el norte contra Eurasia. La deformación resultante de la convergencia de placas formó los montes pirineos entre España y Francia, los alpes de la masa principal europea, los apeninos en Italia y los montes atlas del norte de África. Los volcanes activos en Italia y la actividad sísmica del sur de Europa y el medio Oriente indican que este cinturón aun es activo.

La actividad del cinturón circunpácífico ha dado origen a la isla Aleutianas, Filipinas y a las de Japón. Los Andes se formaron en América del Sur como resultado de la subducción entre la placa Farallón, y posteriormente la de Cocos, Nazca así como las de América del Norte y América del Sur son evidencias de la continua actividad orogénica en esta región.

Glaciación en la época Pleistoceno

En el Pleistoceno hace 1.6 Ma comenzó la última glaciación que afectó a todo el planeta. Consistió de varios momentos de extensión glacial separados por los intervalos interglaciares más cálidos. Las evidencias indican que la Tierra se enfrió de manera paulatina desde el Eoceno hasta el Pleistoceno, además en los últimos 2 millones de años hubo al menos 20 ciclos de calor-frío. En

América del Norte se han estimado al menos cinco glaciares, seguidos cada uno por otro interglaciar. El último periodo interglaciar comenzó hace 10,000 años y se ignora si comenzamos uno nuevo o estamos entrando a un intervalo glacial.

Conclusiones

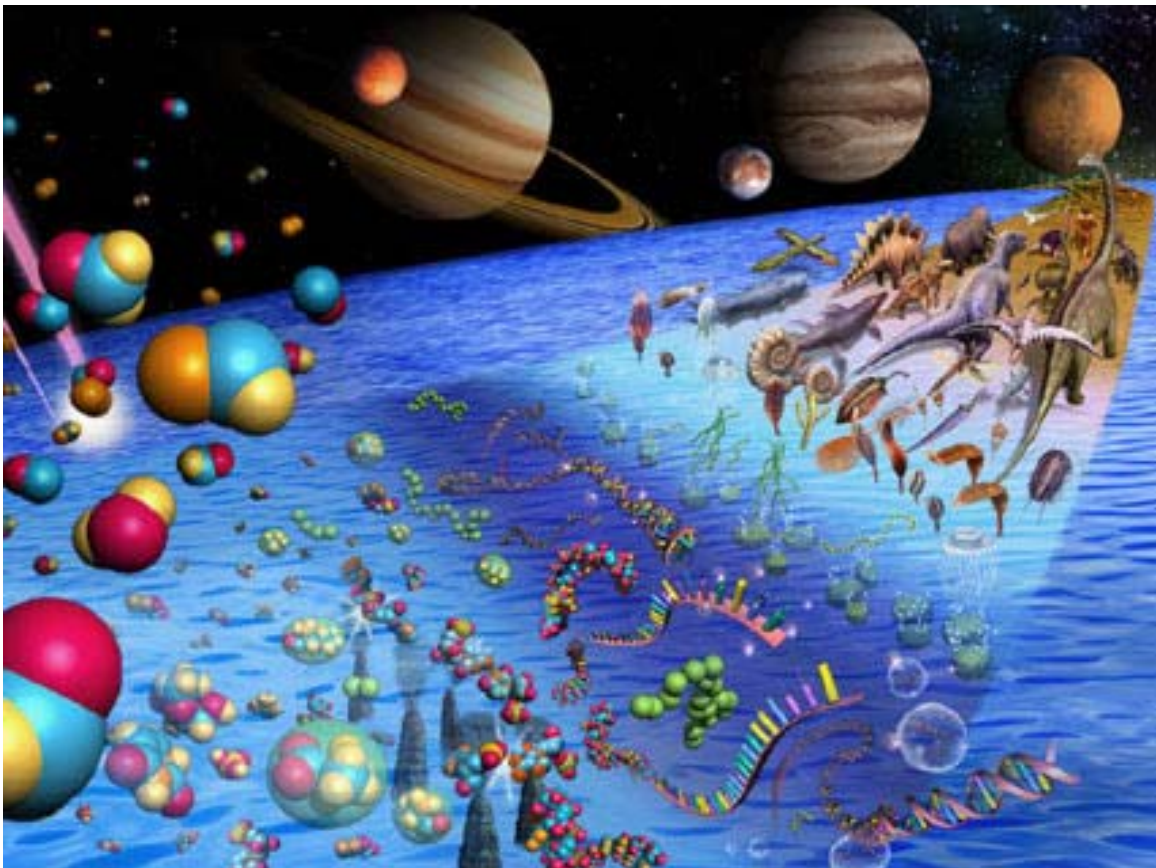
La Tierra ha sido el testigo de los cambios geológicos de tipo físico-químico y también los procesos evolutivos de la vida. Durante estos largos tiempos de miles de millones de años, la fisonomía, la geografía y el escenario de la vida ha sufrido cambios que atestiguan del dinamismo, la búsqueda de la adaptación y el viaje hacia el optimalidad en todos ámbitos de la evolución físico-químico y vital sobre la Tierra. El mensaje esta claro, ni el 155 millones de años (220 millones a.c. – 65 millones a.c) del reinado de un grupo aparentemente exitoso (como el caso de los dinosaurios) es garantía de la supervivencia perpetua. El punto esencial de la evolución es precisamente el dinamismo y la adaptación continuo, tal como le explica la Reina (Van Valen, 1973) de corazón rojo en el cuento de “Alicia en las tierra de las maravillas”, en donde la Reina grita: corre, corre para que estés aflote, es decir, ajuste, y adapte a las condiciones cambiantes del entorno para poder sobrevivir en la fiesta de la vida en esta Tierra.



Erupción del Parícutín. Dr. Atl. Fuente: VGA.

Referencias

- Asimov, I. 1957. Only a Trillion. London, Abelard-Schuman.
- Attenborough, D. 1980. Life on Earth. London, Reader's Digest, Collins & BBC.
- Cairns-Smith, A. G. 1985. Seven Clues to the Origin of Life. Cambridge, Cambridge University Press.
- Dyson, F. 1985. Origins of Life. Cambridge, Cambridge University Press.
- Eldredge, N. 1985a. Time Frames: the rethinking of Darwinian evolution and the theory of punctuated equilibria. N. Y., Simon & Schuster.
- Eldredge, N. 1985b. Unfinished Synthesis. Biological hierarchies and modern evolutionary thought. N. Y., Oxford University Press.
- Hallam, A. 1973. A Revolution in the Earth Sciences. Oxford, Oxford University Press.
- Hoyle, F. & N. C. Wickramasinghe. 1981. Evolution from Space. London, J. M. dent.
- Maynard Smith, J. 1983. Current controversias in evolutionary biology. Pp. 273-286. In: M. Grene. (ed). Dimentions of Darwinism. Cambridge, Harvard University Press.
- Maynard Smith, J. 1986. The Problems of Biology. Oxford, Oxford University Press.
- Mayer, E. 1963. Animal Species and Evolution. Cambridge, Mass., McGraw-Hill.
- Mayer, E. 1969. Principles of Systematic Zoology. N. Y., McGraw-Hill.
- Mayer, E. 1982. The Growth of Biological Thought. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Van Valen, L. 1973. A new evolutionary law. Evolutionary Theory, 1: 1-30.
- Young, J. Z. 1950. The life of vertebrates. Oxford, Clarendon Press.



Evolución de la vida. Fuente: Galería Tukimoto