

## **Tema 19. La historia geológica de la Tierra. Fauna y flora fósiles.**

- 4º E.S.O. Tema 4: La historia de la Tierra.
- 1º Bach.: Tema 4
- Geología 2º Bach. Optativa Bloque: Historia de la Tierra.

### **SUMARIO**

#### **19.1. Historia geológica de la Tierra**

##### **19.1.1. El Precámbrico. Criptozoico o Arcaico (4.000 - 2.500 m. a.)**

##### **19.1.2. El Precámbrico. Proterozoico (2.500 - 570 m. a.)**

##### **19.1.3. Etapa Fanerozoica**

###### **a) PALEOZOICO**

###### **b) MESOZOICO (Era Secundaria)**

###### **c) CENOZOICO**

#### **19.2. El registro fósil. Fauna y flora fósiles**

##### **19.2.1. La biosfera arcaica.**

##### **19.2.2. Registro fósil del Paleozoico**

##### **19.2.3. Registro fósil del Mesozoico**

##### **19.2.4. Registro fósil del Cenozoico**

#### **19.3. Líneas evolutivas de los grandes grupos de animales y vegetales**

##### **19.3.1. Línea evolutiva de las plantas superiores**

##### **19.3.2. Línea evolutiva de los vertebrados**

#### **19.4. Fósiles de la Comunidad autónoma.**

### **19.1. Historia geológica de la Tierra**

Reconstruir la historia de la corteza terrestre es una tarea compleja, los procesos geológicos dejan numerosos datos que pueden ser interpretados geológicamente, tales como las variaciones paleomagnéticas, rocas de diferentes orígenes, estructuras tectónicas, rocas sedimentarias con fósiles incluidos que indican ambientes y climas diversos.

La dificultad para reconstruir la evolución de la corteza está en primer lugar en la superposición de los procesos geológicos, que ha destruido gran parte de las rocas y estructuras anteriores, otras veces las modifica, haciendo difícil su interpretación.

La interpretación de las huellas dejadas por los procesos geológicos se basa en el principio del **actualismo** geológico enunciado por **Lyell**, según el cual los fenómenos geológicos han sucedido de la misma forma que en la actualidad. Este principio ha permitido reconocer los procesos ocurridos durante los últimos 600 millones de años ya que las rocas, estructuras y fósiles encontrados son parecidos a las actuales. Pero las rocas, estructuras y los seres vivos fosilizados anteriores al Cámbrico (hasta hace 600 millones de años) parecen indicar unas condiciones ambientales diferentes.

Por lo tanto, dando la vuelta al actualismo geológico, si los resultados de los procesos geológicos son diferentes, también los procesos deben haber ocurrido antes de otra manera. Esto es lógico si tenemos en cuenta que hoy se conocen restos de procesos geológicos muy remotos que permiten deducir la evolución del planeta desde su origen en algunos aspectos. Por lo tanto durante la formación de la atmósfera y antes de que se acumulara el oxígeno en ella, o antes de que la corteza alcanzara suficiente rigidez los procesos geológicos serían diferentes. Así la historia de la Corteza terrestre podemos considerarla dividida en tres períodos (según Raymond Siever): Arcaico, Proterozoico y Fanerozoico, y una etapa Pregeológica.

#### **19.1.1. El Precámbrico. Criptozoico o Arcaico (4.000 - 2.500 m. a.)**

En el Tema 1 se contemplaban las diferentes hipótesis sobre la formación de la Tierra. La litosfera provisional tuvo que sufrir, como todas las superficies de los cuerpos planetarios, un masivo bombardeo de asteroides y cometas, que debió ser muy intenso hace unos 3900 millones de años. Este período, en el que las rocas superficiales, probablemente de tipo basáltico y en equilibrio inestable con la capa fundida, eran acribilladas desde el espacio (**período Hádico**) no ha dejado huellas.

Al final de este período algunas zonas del planeta, probablemente las situadas sobre células convectivas ascendentes, pudieron acumular suficiente cantidad de roca y formar un germen de corteza estable. Algunas zonas del océano de magma eran ricas en K y pudieron formar rocas graníticas, con impurezas como las de circonio, con el que se formó circón ( $\text{SiO}_4\text{Zr}$ ). De hecho las rocas más antiguas datan de hace unos 3.800 millones de años, aunque se especula con otras anteriores.

### **Las grandes unidades de la corteza Arcaica**

Las rocas más antiguas descubiertas hasta ahora son: los gneis de Acasta (Norteamérica) de hace 3960 m.a.; otras encontradas en Isua (Groenlandia) de 3800 m.a, de hace 3700 m.a. se han encontrado rocas en Escandinavia y África, y posteriores aparecen ya en los cuatro continentes.

Las rocas de Groenlandia, aunque metamorfizadas, son de procedencia sedimentaria, lo que indica que, en esos tiempos, ya se daban procesos de erosión, transporte y sedimentación, por lo que ya debía estar constituida la corteza terrestre, la hidrosfera y la atmósfera; la existencia de agua líquida indica que la  $t^a$  de la superficie terrestre debería ser  $< 100^\circ\text{C}$ .

En los afloramientos encontramos dos tipos de terreno: unos de metamorfismo intenso (**gneises granulíticos**) y origen ígneo, y otros de metamorfismo ligero (**cinturones de rocas verdes**) y procedencia volcánica. Los primeros algo más antiguos.

Las rocas verdes son asociaciones de rocas volcánicas básicas y sedimentarias (grauvacas) metamorfizadas (son parecidas a las que aparecen en los arcos insulares modernos).

Hacia el final del Arcaico, en un intervalo de pocos cientos de millones de años, (entre los 2.900 y los 2.500 millones de años) y de una forma aún no desvelada se forma los continentes que, según algunos, supondrían de un 5 - 10 % de los actuales (algunos autores hablan del orógeno arcaico). A la vez empiezan a ser frecuentes las fracturas en la corteza (gran dique de Zimbawe) donde se acumulan sedimentos.

Las rocas volcánicas de los cinturones verdes son de tres tipos: ultrabásicas, basálticas (de tipo toleítico como en las dorsales) y calcoalcalinas. En conjunto recuerdan a los tres niveles de una corteza oceánica, muy parecido a las ofiolitas del Fanerozoico. Se han localizado **tres conjuntos ofiolíticos** en el Arcaico: Uno en Suráfrica (3.600 millones de años), otro en EE.UU. (2.650 millones) y en Canadá (2.700 millones de años). Las rocas sedimentarias de los cinturones de rocas verdes son muy variadas. Entre los yacimientos de origen arcaico destacan los de oro, cromita, uraninita y diamantes.

Existen evidencias claras de que, sobre las rocas arcaicas, ha actuado una tectónica tangencial, y que los domos gneísicos de los gneise granulíticos son las únicas estructuras del Arcaico en las que se dan esfuerzos verticales importantes, causados por la intrusión diapírica de las cúpulas parcialmente fundidas. En períodos posteriores el espesor de la litosfera iría aumentando al disminuir el flujo térmico y engrosarse la corteza con intrusiones graníticas. Recientes estudios señalan que son las zonas intermedias de los cratones arcaicos las de menor flujo térmico. La intensidad del campo magnético ha sufrido notables variaciones.

Los extensos depósitos bandeados de Fe, formados al parecer en ambiente marino, indicarían que la atmósfera era reductora. La escasa proporción de  $O_2$  permitía el transporte de Fe hasta el mar. Estos depósitos se formaron de los 3200 millones de años a los 1.500 millones. El cambio a atmósfera oxidante producido en el Proterozoico fue haciendo insoluble el Fe oxidado en los continentes y formando depósitos lateríticos como los actuales.

Se especula con respecto a la primitiva atmósfera. Las teorías sobre el origen de la vida (panspermia aparte) especulan sobre una atmósfera reductora; salvo que se tome en consideración la posibilidad de que el origen fuera hidrotermal. Pero el registro climático no apoya esta atmósfera reductora, ya que no se han localizado tillitas glaciares, lo que apunta hacia un clima sin glaciaciones. La causa más probable puede ser la del efecto invernadero, pero requiere importantes cantidades de  $CO_2$  no acordes con una atmósfera reductora.

La presencia de sedimentos marinos permite afirmar que la Tierra posee una hidrosfera líquida desde hace 3.800 millones de años.

#### **19.1.2. El Precámbrico. Proterozoico (2.500 - 570 m. a.)**

La mayor parte de las rocas características del Arcaico se siguen formando, aunque con menor frecuencia. Van siendo sustituidas por rocas más modernas (calizas, dolomías, ortocuarcitas). La mayor diferencia está, no obstante, en el registro tectónico. Mientras que los microcontinentes arcaicos se deformaban intensamente en toda su masa, los continentes proterozoicos presentan deformación en sus bordes y grandes fracturas (diques, surcos aulacógenos) en su interior. La litosfera debía ser rígida y hay datos que permiten pensar en una posible movilidad horizontal de las placas, entre ellos destacamos:

- Las variaciones en la declinación magnética alrededor de los 2.000 m. a., y las anomalías gravimétricas.
- La existencia de **complejos ofiolíticos** (rocas volcánicas explosivas y grauwas con menos sílex y Fe bandedo). Estas "astillas" de corteza oceánica incluidas en orógenos de borde continental parecen indicar el comienzo de los **orógenos lineales** (al borde de las placas), desde los 1.700 m. a., contraponiéndose a los "elípticos" (diapíricos) del Arcaico.
- Las cuencas sedimentarias proterozoicas contienen secuencias similares a las actuales:
- Series de cuarcitas, argilitas y carbonatos como los que hoy se depositan en los cratones. Suponen más del 50 % del total de sedimentos.
- Sedimentos bandeados de Fe, más abundantes al principio, parecen formados en plataformas continentales.
- Series de cuarcitas y arcosas con rocas volcánicas intercaladas.
- Series con grauwas y abundantes rocas volcánicas calcoalcalinas, como las que hoy se forman en las cuencas marginales (entre el arco insular y el continente).
- Hacia el final del período comienzan a predominar secuencias de areniscas someras, carbonatos marinos, argilitas, flysch y molasas. Es la típica serie de un borde continental atlántico que se transforma en un borde destructivo de placa.

Los primitivos cinturones gneísicos y de rocas verdes presentan intensas deformaciones (metamorfismo intenso, pliegues, mantos de corrimiento) como en los **cinturones panafricanos**. Entre las estructuras distensivas destacan los grandes diques de Canadá y del Mar Rojo, así como grandes fosas tectónicas rellenas de sedimentos. Merece destacarse también los cráteres de impacto de meteoritos como el de Sudbury (Canadá).

La estabilidad de los continentes se refleja en el registro sedimentario. El estudio de la subsidencia permite reconstruir la evolución de las cuencas sedimentarias y también de los continentes. Debían existir dos zonas continentales, divididas quizás en núcleos cratónicos: **Protolaurasia** (Ucrania, Escandinavia, Siberia, Norteamérica) y **Protogondwana** (Australia, India, Madagascar, África, Sudamérica y Antártida).

Los depósitos de Fe a partir de los 1.500 m. a. parecen indicar el cambio de atmósfera oxidante. Este aumento lo provocó la actividad fotosintética de los procariontes. Se han encontrado fósiles de algas y células eucarióticas de al menos 1.800 m. a. También se han encontrado tillitas de edades (2.300 m. a. y otras de 1.000 m. a.)

Al final del Proterozoico, entre los 700 - 600 m. a. parece que se formó el **Pangea I** (primer supercontinente). Abundan las intrusiones graníticas y las rocas metamórficas.

Hay evidencias de dos glaciaciones, una relativamente bien confirmada al principio del período, y otra a final de él. Esta última fue muy intensa, quizás la época más fría de la Tierra (aparecen tillitas en Groenlandia, Escandinavia, África Central, China,...). Hay frecuentes indicios periglaciares. Las edades de este gran período frío son tan diversas que se han propuesto que presentan tres glaciaciones diferentes.

### **19.1.3. Etapa Fanerozoica**

El límite entre los eones Proterozoico y Fanerozoico fue definido a partir de la aparición de la fauna con partes duras, y aparentemente no tienen otro sentido que el paleontológico, ya que tan sólo hay discordancias regionales en África Central y Asia Central. En el resto del mundo, las cuencas de sedimentación y los cinturones de deformación no sufren variación significativa en esta barrera, hace 570 m. a. Se ha sugerido que los mares someros y cálidos (transgresiones marinas universales) proporcionaron un ambiente adecuado para una evolución rápida. La dispersión del Pangea I supuso un motor evolutivo de primer orden, al llevar a ambientes biogeográficos diferentes la fauna recién aparecida. Esta fragmentación dio lugar a la formación de orógenos en los bordes exteriores de los fragmentos que se separaron (geosinclinal de Samfrau, al sur de los continentes del sur y en la Antártida).

#### **a) PALEOZOICO**

El comienzo de esta era se sitúa en los niveles estratigráficos en que aparecen los primeros **Trilobites**, que son los primeros Metazoos abundantes y que dominaron las plataformas continentales. La reconstrucción de las derivas continentales es más fácil que las precámbricas, pero aún no existen restos de corteza oceánica que permitan definir con precisión los movimientos. Sus reconstrucciones, no obstante son muy discutidas, y el acuerdo en la denominación de sus continentes no se ha alcanzado.

En el período **Cámbrico - Silúrico** se produce la fragmentación de los continentes (tres en el Hemisferio Norte y uno en el hemisferio Sur). Aunque continúan siendo más abundantes los sedimentos detríticos, aparecen los calcáreos de origen químico (sobre todo dolomías), relacionados al parecer con los primeros fósiles de exoesqueleto calcáreo. Los Metazoos evolucionan hasta aparecer siete filos; la dispersión de los continentes parece poder crear condiciones diferentes y aislamiento genético que favorecen esta evolución.

El clima se fue haciendo más cálido hacia el Cámbrico medio, como se deduce de la mayor extensión de los arrecifes coralinos.

En el período **Silúrico - Devónico**, los continentes del Norte se unen (Noratlántico y Báltico, y forman el Amer-Báltico). La colisión de estos dos continentes originó la **orogenia Caledoniana** que afectó a Escocia, Escandinavia, Europa Central, Siberia, Groenlandia y Norteamérica (Apalaches); el océano que se cerró ha sido llamado Japetus o Protoatlántico, comenzando su cierre por colisión entre Escandinavia y Groenlandia a finales del Silúrico y completándose su cierre al final del Devónico.

Las cadenas caledónicas y Apalaches actuales son las dos mitades de un antiguo orógeno de colisión. Restos claros de aquella sutura se encuentran en la isla de Terranova. Lo demuestra el hecho de que la fauna fósil de Norteamérica y Europa empieza a converger en el Ordovícico superior y es prácticamente la misma en el Silúrico; las historias geológicas precámbricas de Norteamérica y Europa son totalmente distintas, lo que significa que se trata de dos continentes separados que colisionaron, además se han hallado ofiolitas en los dos orógenos.

En los Apalaches se han distinguido dos fases distintas: 1. La colisión tectónica (en el Ordovícico (de 460 m.a. a 450 m.a.); 2. La colisión acádica (en el Devónico, de 410 m.a. a 390 m.a.)

La **glaciación** producida en el límite **Ordovícico-Silúrico**, que sólo afectó al Hemisferio Sur, es sustituida por un clima más cálido durante el Silúrico y la transgresión marina facilita la extensión de los **Graptolites**, que son los fósiles típicos de este período. La orogenia caledoniana (colisión acádica) modificó el clima cálido, haciéndolo más árido, lo que provocó la formación de las areniscas rojas antiguas (**moladas**) depositadas en fosas tectónicas al cesar la compresión (alcanzan hasta 3 Km. de espesor).

La conquista de los continentes por los vegetales (**criptógamas** y **psilofitales**) y animales (artrópodos: escorpiones) es un importante paso de esta época, en la cual el mar es dominado por los tiburones.

En el **Carbonífero** desaparece el océano entre el Amerbáltico y el continente Austral por la **orogenia Hercínica o variscica**. Es el orógeno más importante del Paleozoico, el que consigue unificar los continentes en el último Pangea, de ahí que aparezcan huellas tanto en Europa, como en África y Norteamérica. Se trata, además, de una cadena con relieve importante porque las colisiones alpinas lo han rejuvenecido; y lo bastante erosionada (a veces más de 25 Km.) como para dejar al descubierto sus raíces. En esencia, los modelos modernos de formación del orógeno hercínico implican la destrucción subductiva del océano que, hasta el Carbonífero, separa Laurasia de Gondwana.

El orógeno hercínico consiguió reunir de nuevo los continentes en la última Pangea. Se conoce peor que la orogenia caledoniana, pues se superpone en buena parte (sur de los Apalaches) a la anterior, y en otra parte (sur y centro de Europa) fue removilizada por la orogenia alpina (finales del mesozoico principios del cenozoico).

Durante esta orogenia se cerró el océano (JAPETO) existente entre Laurasia y Gondwana, aunque entre estos continentes existía Armórica (del que formaba parte Iberia), que durante la colisión quedó comprimido entre los otros dos continentes (al parecer también chocó contra Norteamérica). Así se formó el orógeno de Franklin (norte de Canadá, Groenlandia y Siberia), dentro de los llamados orógenos asínticos. La colisión anterior originó una gran regresión, con lo que desaparecieron las plataformas marinas y originaron extensas marismas deltaicas cerca del orógeno. En ellas crecieron grandes bosques próximos al ecuador, que se transformaron, más tarde, en los yacimientos de carbón de Norteamérica y Europa.

Es perceptible un enfriamiento general de la atmósfera que desemboca en una gran glaciación. Se han encontrado **tillitas** en los cinco continentes. Los grandes yacimientos de carbón se formaron durante la **glaciación permocarbonífera**: los europeos y norteamericanos en posición ecuatorial, los asiáticos en latitudes media. A pesar de todo el clima no llegó a ser tan frío como en el Cámbrico, ya que se han encontrado yacimientos en el borde del casquete polar del Gondwana.

En este período dominan por primera vez los sedimentos químicos sobre los detríticos (explicable por el gran desarrollo de la vegetación continental que favorece la meteorización química). Los bosques de Criptógamas originan depósitos de carbón formados al parecer en bordes inestables continentales, sometidos a los movimientos preorogénicos de la orogenia Hercínica. Este movimiento orogénico fue precedido por una gran transgresión marina (Carbonífero inferior) que cubrió gran parte de los continentes.

La orogenia Hercínica se halla presente en el centro y sur de Europa (Alemania, Bélgica, norte de Francia, País de Gales, sur de Irlanda y Península Ibérica) y en Norteamérica (la mayor parte de los Apalaches o Apalaches moderno), así como el noroeste de África.

Durante el **Pérmico** se completa la formación del Pangea II: la desaparición del mar Uraliense por colisión entre el continente separado, Angara (Siberia) y el Amerbáltico. La mayor extensión continental hizo cambiar el clima, que se fue haciendo más árido, lo que justifica que en este período se hayan formado los mayores depósitos de sales conocidos en la historia de la Tierra y un nuevo depósito de moladas del permo-trías (nuevas areniscas rojas). Por ello y por la reducción de la plataforma continental desaparecieron gran número de especies vegetales y animales, por lo cual el paso al Mesozoico viene acompañado por la renovación de la flora y de la fauna. Se ha calculado que el número de familias marinas se reduce en un 30 %.

En realidad, los datos paleomagnéticos indican que el Pangea II no llegó a formarse nunca, porque, China no llegó a chocar con Laurasia hasta el Triásico; para entonces los bloques de Irán y Turquía ya se habían separado del supercontinente y un **nuevo ciclo de Wilson** comenzó antes de que el anterior pudiera llegar a completarse.



## b) MESOZOICO (Era Secundaria)

Comprende los sistemas Triásico, Jurásico y Cretácico (desde los 240 a los 65 m. a.). De todas las uniones que se produjeron en el Paleozoico sólo persiste la que soldó Europa y Asia. Durante este período se fractura el Pangea II, la distribución de las masas continentales en el hemisferio Sur se acerca a la actual y se forman los **geosinclinales**, que darán origen a los orógenos finales del Cretácico (Andes y Montañas Rocosas) y los del Cenozoico (Alpinos: Alpes e Himalaya).

El límite entre el Pérmico y el Trías es difícil de situar en Europa occidental y Norteamérica por la continuidad de sedimentos entre las dos eras, Europa oriental y Siberia la orogenia Urálica marca el final de la era Secundaria. Los principales acontecimientos de cada período son los siguientes:

**Triásico.** La distribución sería así: Laurasia al Norte y al sur Gondwana. En el Trías superior la separación entre ambos se produce por la aparición de una dorsal oceánica que extiende el mar de Tethys de E. a W.; Gondwana se fractura: Australia y la Antártida se desplazan hacia el E., la India hacia el Norte. (Ver apéndice del Tema 10)

Los sedimentos marinos del Trías inferior y medio son detríticos y calcáreos y los continentales son de origen fluvial. La progresiva eliminación de los relieves continentales va acompañada a final del período por una importante **transgresión marina** y la extensión de lagunas salobres donde se depositan arcillas rojas, yesos y cloruros.

El último nivel del período Triásico se presenta en casi toda la península Ibérica, salvo en las Béticas, es la facies germánica llamada **Keuper**, denominación procedente del nombre local además de unas arcillas abigarradas muy características. En él se desarrolla un régimen lagunar con sedimentación detrítica fina acompañada de precipitación de carbonatos y de óxidos metálicos (Fe), lo que da lugar a unas margas o arcillas que, según el pigmento mineral que contenga su grado de oxidación o hidratación, presenta diversas coloraciones (roja, amarilla, verde, violeta), por lo que se las suele designar con adjetivos como irisadas, multicolores o versicolores.

Durante el Keuper reinó un clima cálido y árido, que provocó intensa evaporación, con precipitaciones de minerales salinos y otros como el aragonito (macla hexagonal), jacinto de compostela, teruelita (dolomita ferrífera de color negro). Dada la alta salinidad no había posibilidad de fauna o flora que hubiera podido dejar fósiles, dándosele el nombre de fósiles del Keuper a estos minerales característicos. Posteriormente sus arcillas y margas fueron perforadas con frecuencia por erupciones de rocas ígneas ofitas.

**Jurásico.** Gondwana continúa su fracturación: Madagascar se separa de África, y el Atlántico sur comienza a abrirse entre África y América del Sur y la microplaca ibérica se separa de la europea, desplazándose hacia el SE y abriéndose el mar Cantábrico. Comienza a producirse subducción y plegamiento orogénico en la banda que se extiende desde Austria a Grecia, y en el borde occidental de América (orogenia de los Andes y de las Rocosas). El mar avanza sobre los continentes, dando una gran transgresión hasta que, al final del período, comienza una regresión.

El clima debió ser cálido, sin estaciones marcadas y continúa la sedimentación de calizas de diversos tipos.

**Cretácico.** La evolución geográfica continúa el camino iniciado: emigración de la India hacia el norte y de Madagascar hacia el E. Australia y Antártida se separan al final del período. Progresan la apertura del Atlántico sur y el Atlántico norte, pero aún no se comunica el Atlántico con el mar Boreal.

Una **gran transgresión** convierte a los continentes en enormes archipiélagos. La brusca evolución de los orógenos de América occidental (Andes y Rocosas) se explica como respuesta a la apertura del Atlántico. Quizás también la transgresión se pueda explicar por la formación de la dorsal oceánica atlántica, que provoca el desplazamiento de masas de agua hacia otras zonas.

Al final de este período, y en la periferia de los bordes de placa donde tienen lugar las colisiones, se depositan potentes flysch. Durante buena parte del Terciario, la erosión de las cadenas alpinas causa la formación de nuevas molasas.

En el transcurso del ciclo alpino, algunos continentes experimentaron importantes variaciones climáticas ocasionadas por episodios rápidos de deriva continental que los transportaron a través de las zonas climáticas (India, Australia). Los indicios paleoclimáticos del Mesozoico y principio del Cenozoico coinciden en presentar un planeta con un clima tropical en latitudes medias y de subtropical a templado en las altas, sin glaciares de casquete y con mares templados y cálidos. Su fauna y flora también lo indican. La

bonanza del clima, para algunos climatólogos, no sólo es causa de la singular distribución de los continentes, sino del efecto invernadero que provocarían la elevada actividad de las dorsales de la época.

### c) CENOZOICO

La separación entre el Mesozoico y el Cenozoico no viene marcada por orogenia alguna, sino por la brusca renovación de la flora y de la fauna que el cambio climático produjo. Desde hace unos 40 millones de años, el clima de la Tierra comienza a empeorar: los sedimentos de esa época registran por vez primera la aparición de las corrientes frías de fondo, que emiten agua profunda desde las zonas polares hacia el ecuador. Se desarrollan los casquetes glaciares Antártico (en dos etapas) y del Hemisferio Norte (éste hace unos 3 m. a.); es el período más frío desde hace 600 m. a., porque nunca desde entonces ha habido glaciares de casquete en las dos zonas polares.

En este período la distribución de continentes y océanos se acerca a la actual: los océanos continúan su expansión (el Atlántico norte comienza a abrirse a principios del Paleógeno), se comunican Atlántico y Pacífico y se fractura Europa en microplacas. Las colisiones entre continentes originan una cadena de montañas a lo largo del mar de Thetys, es la **orogenia alpina**. Esta orogenia, que comienza en el Paleógeno medio y se continúa en la actualidad en algunas zonas, se produce por el choque entre los bloques Ibérico, Italiano, Turquía, Arabia, la India, etc., y Eurasia. Se originan así los Pirineos, los Alpes, el Cáucaso, el Himalaya, etc., y hoy continúa en el arco Indonesia.

El Mediterráneo es el resto del gran mar de Thetys, incluso se llegó a secar en el Neógeno superior, cerrándose el estrecho de Gibraltar.

Durante el **Cuaternario** el cambio más importante son las grandes glaciaciones, que extienden los casquetes polares hacia latitudes más bajas y la formación de glaciares de montaña más extendidos que los actuales. Las variaciones climáticas (glaciaciones-interglaciaciones) vienen marcadas por el avance y retroceso de los depósitos morrénicos y los fósiles de animales y plantas.

Comenzó hace casi 2 m. a., las variaciones climáticas afectaron fundamentalmente al hemisferio Norte. Se han registrado **cuatro grandes glaciaciones** en el Norte de Europa y América. Los períodos glaciares e interglaciares reciben el nombre de las localidades en las que se han estudiado sus efectos. En Europa son: **GUNZ** (interglacial Gunz-Mindel), **MINDEL** (interglacial Mindel-Riss); **RISS** (interglacial Riss-Würm) y **WÜRM**.

Los períodos interglaciares traían consigo la fusión del hielo de los casquetes glaciares (más extensos que los actuales de Groenlandia y el océano helado del Círculo Polar), con lo que aumentaba el nivel del mar. Por ello en las regiones mediterráneas los cambios climáticos han dejado como huellas las **terrazas marinas**. Son depósitos playeros que hoy se encuentran por encima del nivel del mar (a 100 m. se encuentran las terrazas del período interglacial Gunz-Mindel).

Como la vegetación está estrechamente ligada al clima, las plantas marcan las variaciones climáticas de la región. El estudio de los granos de polen contenidos en las turberas actuales revela la naturaleza y la evolución de la vegetación que crecía en los alrededores de la turbera, y por tanto nos informa acerca del clima de la región circundante durante el último período.

### 19.2. El registro fósil. Fauna y flora fósiles

La **Paleontología** se ocupa del estudio de las especies biológicas que ya no existen, y puede entenderse de dos maneras diferentes: una, puramente geológica, pues el estudio de los fósiles característicos es muy importante para la datación relativa de las rocas (Ver tema 18); y otra, como una Zoología y una Botánica de los tiempos pasados, es decir, como una biología de lo antiguo. Este es el aspecto que trataremos en este tema. Los fósiles permiten reconstruir la historia evolutiva de los seres vivos, historia llena de lagunas y no siempre comprensible, porque en el registro sedimentario muchos acontecimientos, o no se grabaron nunca o han sido borrados posteriormente.

La historia de la vida reconstruible con cierto rigor afecta sólo a los últimos 600 m. a. Para comprenderla hay que conocer algunas **leyes que rigen las poblaciones de los seres vivos**:

- Toda población monoespecífica ocupa un área de distribución, y su tendencia interna es a expandirse y aumentar el área al mayor espacio habitable posible. Muchas poblaciones se encuentran aisladas en

una región, por motivos diversos, pero la mayoría de las especies han encontrado en uno u otro momento de su historia posibilidades de expansión.

- La especies biológicas están sujetas a evolución por mutaciones cromosómicas heredables. La velocidad de evolución no suele ser constante, hay seres que no han evolucionado casi nada en la historia geológica; otros lo hacen lentamente, para sufrir en períodos cortos de tiempo una aceleración inusitada y originar un abanico de grupos diferentes.
- La evolución sigue en líneas generales la ley de ocupar cada vez el mayor número de nichos ecológicos, es decir, de formas de vida y de procurarse el alimento. Algunos nichos ecológicos quedaron vacíos al extinguirse sus especies ocupantes, y fueron ocupados más tarde por especies de grupos diferentes (los arrecifes de coral fueron contruidos primero por los Arqueociátidos y después por los corales).
- En las épocas de gran velocidad evolutiva de un grupo, las especies se transforman en sentido diferentes, para ocupar nichos diversos, simultáneamente (**radiación evolutiva o adaptativa**). Ej. los primitivos reptiles, muy parecidos entre sí, sufrieron una gran radiación adaptativa y produjeron grupos de reptiles marinos, voladores, corredores, herbívoros y carnívoros.
- La reproducción y conservación de la prole puede realizarse según dos estrategias reproductivas. La **estrategia de la abundancia**, seguida por muchas especies, asegura su continuidad procreando muchos hijos por cada pareja, para garantizar la supervivencia de algunos (estrategia de seres inferiores, poco evolucionados). La estrategia de la conservación, más perfecta, produce pocos descendientes, pero éstos se hallan bien protegidos contra el medio, especialmente en su infancia, que es el período más peligroso de su vida. Los animales y plantas más perfeccionados también han evolucionado no sólo para ocupar un mayor número de nichos, sino también para proteger a sus pocos descendientes.
- La protección de los adultos se ha intentado varias veces en la historia de la Tierra por distintos caminos. El aumento de tamaño (**gigantismo**) o el desarrollo de fuertes y pesadas armaduras no siempre ha dado buenos resultados. Los peces acorazados desaparecieron pronto, igual que los grandes reptiles, o los anfibios de cráneo acorazado. Pero en otros caso (concha de moluscos, elefantes) han sido eficaces.

Según el paleontólogo G. Simpson (1952), vivieron a lo largo de la historia de la Tierra unos 500 millones de especies, siendo el número actual de alrededor de dos millones.

El estudio de las etapas de la evolución prebiótica y la aparición de los primeros seres vivos, no los abordamos aquí por formar parte del tema 22.

### **19.2.1. La biosfera arcaica.**

En una síntesis reciente (Schopf, 1983) se presentan una lista con 43 propuestas serias de microfósiles, de las que sólo dos se aceptan (se trata de bacterias filamentosas) y a seis se las cataloga de dudosas. Las citadas bacterias tienen una antigüedad de unos 3.600 millones de años y unos 2.800 millones; se han localizado en diferentes puntos de Australia y Sudáfrica (Fig Tree Group).

Los criterios requeridos para aceptar una estructura microscópica como fósil son los siguientes:

- a) Que la estructura parezca formada a la vez que la roca y no incrustada después.
- b) Que se pueda demostrar por métodos químicos que la materia que forma la estructura tiene origen orgánico.
- c) Que el medio geológico sea el adecuado: tipo de roca (sílex, evaporitas), grado de metamorfismo y deformaciones sufridas.

La verdad es que el intenso y extenso metamorfismo, y la deformación de las rocas arcaicas limitan las posibilidades de encontrar huellas de la vida inicial.

En síntesis el registro arcaico permite una cronología de acontecimientos que transformaron la Tierra joven en un cuerpo planetario con una litosfera estable y una biosfera en desarrollo acelerado. Los pasos claves los resumimos entre las edades de los circones detríticos (4200 - 4100 millones de años) y los abundantes sedimentos cratónicos (2.500 millones de años).



A continuación exponemos una relación cronológica de alguno de los hallazgos más importantes:

- 3.500 m. a. Región occidental del desierto australiano (células procariotas filamentosas).
- 3.400 m. a. Formación (Fig Tree Group) en Sudáfrica.
- 3.300 m. a. Rocas silicatadas carbonosas que, por estudios radiométricos, parecen tener origen biótico.
- 3.200 m. a. Restos fósiles más antiguos encontrados en Sudáfrica.
- 3.000 m. a. Estromatolitos (estructuras alternas de carbonato cálcico y sílex) en Rodesia. Al parecer son secreciones calcáreas de cianofíceas.
- 2.000 m. a. Canadá, con formas diversas: unas como bacterias, otras semejantes algas verdeazuladas (cianofíceas) y unas formas estrelladas de naturaleza desconocida.
- 1.400 m. a. EE.UU, ciertos fósiles parecidos a células eucarióticas.
- 1.150 m. a. Una extraña estructura llamada *Corycium enigmaticum* descubierta en Finlandia.
- 900 m. a. Australia (Ediacara). Fósiles de fauna variada, con celentéreos, gusanos y unas formas desconocidas de depósitos más recientes.

Hoy se acepta que al final del Precámbrico existían ya todos los tipos de animales que hoy conocemos, excepto los vertebrados, y que la vida en el mar debía ser muy abundante. Al finalizar el Precámbrico, los animales adquirieron la capacidad de producir esqueletos calcáreos y los fósiles abundan tanto en las capas de las cuatro últimas eras, que el conjunto de ellas se le llama período **Fanerozoico** (con vida evidente). Aunque los fósiles encontrados son muy escasos, aparecen en puntos geográficos distantes, lo que nos indica que la vida se extendía por todo el ámbito del planeta.

### **19.2.2. Registro fósil del Paleozoico**

A partir de los 600 m. a. empiezan a aparecer numerosos fósiles (explosión cámbrica). Esta explosión cámbrica permitió, durante un corto período de tiempo geológico (20 m.a.), la radiación más espectacular de la vida. En el curso de la evolución sucumbieron no sólo especies, sino también géneros y aun grupos taxonómicos mayores, como familias, órdenes e incluso clases, por ejemplo, la clase **Trilobites**, extinguida en el Paleozoico.

Se pueden distinguir tres tipos de fauna durante este tiempo:

- a. Fauna Tommotiense: (Cámbrico inferior, de 570 a 550 m.a.). Es una fauna de moluscos, esponjas y otros organismos. Es la primera fauna datada con esqueleto, aunque no incluye a los trilobites.
- b. Fauna de Cámbrico: Se le llama así a la exclusiva de este sistema.
- c. Fauna del Ordovícico, en el que se produjo un gran desarrollo de la vida marina.

### **CÁMBRICO.**

La vida se limitaba al mar, a excepción de algunas zonas donde se desarrollaban finas películas de algas y de unas plantas parecidas a los líquenes.

**Flora:** abundantes algas cianofíceas.

**Fauna:** casi todos los grandes grupos de animales estaban representados. Los más importantes eran los artrópodos **trilobites** (Paradoxides), que caracterizan este período, con tamaños hasta de medio metro de longitud. Le siguen en importancia los Braquiópodos. También seguía habiendo gusanos marinos, celentéreos, Crustáceos (ostracodos), Merostomas (de los que quedan representantes como el cangrejo cacerola y el de las Molucas, que pese a su nombre están más emparentados con los arácnidos) y equinodermos. Los Arqueociátidos (organismos análogos a las esponjas) formaron colonias primitivas.

Los **Trilobites** eran artrópodos, parientes inmediatos de los crustáceos, y tenían el cuerpo dividido en tres lóbulos (de ahí su nombre): cefalotórax, abdomen segmentado y un apéndice (pigidio) para nadar y arrastrarse por el fondo del mar. Podían enrollarse en bola.

### **ORDOVÍCICO.**

**Flora.** Aparecen las Clorofíceas (algas verdes), que se suponen antecesoras de los vegetales superiores.

**Fauna** Perduran los **trilobites** (*Trinucleus*, *Illacnus* y *Calymene* que aparece arrollado) y alcanzan un gran desarrollo los braquiópodos (*Leptaena*, *Orthis*). También los **Graptolitos** (*Didymograptus*, *Tetragraptus*),

que se extinguieron a comienzos de Devónico; formaban colonias planctónicas flotantes de individuos embutidos en cápsulas, que se unían a varillas rígidas, no tienen equivalentes en la fauna actual y sus restos son como rayas de tiza en las pizarras de este período.

Surgen los Cefalópodos de concha cónica (ortocerátidos), Briozoos y los Crinoideos (Cupressocrinos). Y, lo más significativo, aparecen los primeros representantes de vertebrados, los "peces" primitivos **Agnatos** = sin mandíbula), a partir de los cuales evolucionaron los demás vertebrados, y cuyos representantes actuales son las lampreas.

## SILÚRICO

Se supone que la capa de ozono estaba formada y que se había formado el suelo, al producirse la regresión consecuencia de la tectónica caledoniana, a partir de restos de animales marinos transformados por microorganismos. Esto supuso una verdadera revolución en la biosfera.

**Flora.** Aparecen las primeras plantas terrestres las Psilofitas (criptogamovascuales muy simples parecidas a las algas).

**Fauna.** Semejante a la del Ordovícico; aparecen los primeros fósiles continentales, unos arácnidos que recuerdan a los escorpiones. Bivalvos como la *Cardiola interrupta*, Gasterópodos (*Bellerophon*).

## DEVÓNICO

**Flora.** Las plantas terrestres vasculares continúan su desarrollo y diversificación, con helechos, equisetos, licopodios, etc.

**Fauna.** Los peces alcanzan un gran desarrollo con agnatos acorazados y los sarcopterigios Dipnoos (con sistema de respiración doble), y surgen los predecesores de los peces actuales (placodermos) con mandíbulas y placas dérmicas y los condriktios (peces cartilaginosos con dentículos dérmicos).

Se hacen más escasos los trilobites (**Phacops**) y desaparecen muchos graptolitos y persisten otros. Abundan los briozoos, crinoideos y corales recifales (tetracoralarios como la **Calceola sandalina** y *Goniphillum*). Entre los braquiópodos destaca el género *Spirifer*.

Al extenderse las plantas terrestres también pudieron hacerlo los animales, según indican restos importantes de artrópodos, como escorpiones e **insectos** (al principio sin alas). Aparecen los primeros anfibios (estegocéfalos), los laberintodontos, semejantes aún a los peces, la evolución de una de sus estirpes dieron lugar a los reptiles, otra estirpe dará los actuales sapos y rana.

En el Devónico superior, se produjo la primera extinción de fauna marina tropical (el 85 % de los braquiópodos desapareció así como los ammonoideos, gasterópodos y artrópodos del tipo de los trilobites, aunque la fauna más afectada fue la bentónica-arrecifal aparecida en el Silúrico y que había alcanzado gran dispersión en el Devónico).

## CARBONÍFERO

**Flora. Helechos** (*Glossopteris*), equisetos, etc. siguen siendo abundantes. También las Pteridospermas (helechos con semillas), las Cicadofitas (semejantes a pequeñas palmeras) y las coníferas y otras gimnospermas, que al tener semillas y polen pueden extenderse por ambientes secos. Entre los grupos más representativos tenemos:

**Licopodiales**, árboles de 25 - 30 m. de altura, cuya corteza estaba formada por placas en forma de rombo (*Lepidodendron*) o por placas hexagonales (*Sigillaria*). Equisetales

**Fauna.** Gran desarrollo de foraminíferos con caparazón de  $\text{CaCO}_3$  (**Fusulinas**), con cámaras de habitación dispuestas helicoidalmente, sus restos suelen dar importantes depósitos de caliza. Corales, braquiópodos (*Productus*), equinodermos y cefalópodos **goniatites** (*Gastrioceras*, *Glyphioceras*) son abundantes, tenían sus conchas plano-espinales, separadas por tabiques que cortan externamente la concha en una sutura sencilla. Los **trilobites** y placodermos inician su desaparición.

Los insectos y los arácnidos se hacen muy abundantes, apareciendo los insectos con alas (tres pares) lo que supone un importante salto evolutivo, se han encontrado fósiles de libélulas con 50 cm. de envergadura en las alas.

Lo más significativo es la aparición de **vida independiente del agua**, para respirar: los reptiles. Su definitiva adaptación al medio terrestre hizo que durante 100 m. a. fueran los animales con mayor éxito ecológico.

## PÉRMICO

Se dan fuertes contrastes climáticos, con un hemisferio norte desértico y un sur helado, fuertes variaciones de  $t^{\circ}$  e intensa actividad volcánica (orogenia hercínica). Este ambiente inhóspito produjo una masiva extinción de especies paleozoicas. Se trata de una etapa de crisis biológica, la más importante de la historia de la vida de los invertebrados. Le seguirá una irradiación evolutiva que da paso a las formas mesozoicas.

**Flora.** Desaparecen la mayoría de los representantes de la abundante flora carbonífera.

**Fauna.** Se extinguen los trilobites y muchos braquiópodos. Surgen los cefalópodos Ammonites. Se desarrollan numerosas formas de reptiles, algunos de los cuales recuerdan a los mamíferos. Entre los anfibios cabe mencionar al género Cacops.

Resumiendo los principales fósiles guía de la era Primaria o Paleozoico son:

Trilobites (artrópodos): durante toda la era.

Graptolites: Desde el Cámbrico al carbonífero.

Arqueociátidos: Cámbrico

Orthoceras (cefalópodos): Ordovícico.

Didymograptus (Graptolites): Ordovícico

Calceola (Cnidarios-tetracoralarios): Devónico.

Paraspirifer (Braquiópodo): Devónico.

Goniatites (Cefalópodos): Carbonífero.

Fusulínidos (Foraminíferos): Carbonífero-Pérmico

Orbitolina (Foraminíferos): Carbonífero-Pérmico

PERÍODO	CÁMBRICO	ORDOVÍCIO	SILÚRICO	DEVÓNICO	CARBONÍFERO	PÉRMICO
FÓSILES	<b>TRILOBITES</b> GRAPTOLITES ARQUEOCIÁTIDOS	<b>TRILOBITES</b> GRAPTOLITES ORTHOCERAS DIDYMOGRAPTUS	<b>TRILOBITES</b> GRAPTOLITES	<b>TRILOBITES</b> GRAPTOLITES CALCEOLA PARASPIRIFER	<b>TRILOBITES</b> GRAPTOLITES GONIATITES FUSULÍNIDOS ORBITOLINA	<b>TRILOBITES</b> FUSULÍNIDOS ORBITOLINA

En negrita los específicos de cada período. En cursiva los característicos de toda la era

### 19.2.3. Registro fósil del Mesozoico

Desaparecieron grandes grupos de animales como los Trilobites, Graptolites y Peces acorazados. Se desarrollaron ampliamente los vertebrados, sobre todo los reptiles. Al consolidarse los continentes se desarrolla ampliamente una abundante flora de plantas Angiospermas.

Entre los fósiles característicos se encuentran los **Ammonites** y los **Belemnites**. Los primeros tenían una concha arrollada en espiral como el Nautilus actual, con cámaras separadas por tabiques. El animal se desarrollaba a partir de la primera cámara y al crecer ocupaba sucesivas cámaras, dejando las anteriores vacías. Se extinguieron al final de la era Secundaria, al igual que los Belemnites.

## TRIÁSICO

Se trata de un período de relativa tranquilidad tectónica.

**Flora.** Pteridofitas y Gimnospermas. Entre éstas destacan: las Benetitales (con aspecto de helecho), las Caytoniales (también con aspecto de helecho), Cordaitales (de 30 - 40 m. con hojas parecidas al bambú) y coníferas.

**Fauna.** Los moluscos adquieren gran importancia durante todo el Mesozoico, presentan una notable evolución a pesar de sólo están representados por las tres clase principales: Gasterópodos (de tipo

moderno, unos adaptados a la vida aérea y otros a la acuática; Bivalvos (semejantes a los del paleozoico, los más característicos de todo son las rudistas) y los cefalópodos: Belemnites que son muy abundantes y los ammonites (Ceratites). Los Belemnites son buenos fósiles característicos, tienen forma alargada, y son fragmentos de la concha interna. Entre los equinodermos, que tienen una importante irradiación destacan los géneros Cidarid, Pygaster y Micraster, además del crinoideo Ecrinus liliformis. Entre los **braquiópodos** destacan los géneros Rynchonella y Terebrátula.

Los **peces óseos u osteóictios** se desarrollan y, lo más importante, se da la gran explosión de los reptiles. Sufrieron una gigantesca radiación adaptativa, originando los siguientes grupos: Quelonios (tortugas), Plesiosaurios (buenos nadadores, de vida anfibia), Lepidosaurios (lagartos y serpientes), Ictiosaurios (marinos, pisciformes como el Erismosaurus que medía 12 m.); Reptiles mamiferoides y los Arcosaurios o reptiles dominantes. Este grupo consta de innumerables estirpes, que se agrupan en tres conjuntos: Los pterosaurios (reptiles voladores como el Ramphorhynchus y el Pteronodon), los cocodrilos y los dinosaurios; alguna otra estirpe desconocida daría lugar a las aves.

Parece que también hacen su aparición los primeros mamíferos, así como los predecesores de los anfibios modernos.

## JURÁSICO

**Flora.** Desaparecen las pteridospermas (el único grupo importante de plantas vasculares extinguido). Las gimnospermas dominan (48.000 especies, actualmente no pasan de 600); además siguen desarrollándose los helechos y también se desarrollan plantas del género Ginkgo parecido a las angiospermas. En el agua aparecen las diatomeas.

**Fauna.** Hay una gran abundancia y diversidad. Los **ammonites** (Macrocephalites y Aspidoceras) y belemnites son importantes para subdividir este período. Los insectos son muy abundantes. Bivalvos de Lías (Gyphaea, Arquipecten, Pholadomia; éstos dos últimos también del Triásico).

Se desarrollan los peces **Teleósteos**. Los reptiles continúan su desarrollo, con algunos **dinosaurios** de gran tamaño. Solamente los dinosaurios forman todo un mundo: Diplodocus (30 m. de largo); Stegosaurus (6 m. de altura); Allosaurus (13 m. de largo, carnívoro); Tyrannosaurus (bípedo, 12 m. de largo, el mayor carnívoro); Brachiosaurus (el mayor herbívoro, 50 Tm); Iguanodon (9 m.); Euplocephalus (7 m. con un mazo óseo en la cola); Triceratops (con un cuerno nasal y dos en las cejas); Parasaurolophus (con un cuerno curvo y hueco de hasta 1'5 m. de largo); etc.

Aparecen las **primeras aves** y los **mamíferos** continúan su desarrollo. Los fósiles de aves se muestran parecidas a los lagartos, con dientes y cola, pero con impresiones indudables de plumas. Estos fósiles jurásicos se incluyen en el grupo llamado arqueonites.

Son famosas las calizas litográficas de este período encontradas en Alemania y formadas, al parecer, por acción bacteriana. Estas calizas encierran notables ejemplares de fósiles muy bien conservados.

## CRETÁCICO

**Flora.** Surgen las **angiospermas** con flores y semillas protegidas, lo que permitirá su expansión hacia el interior del continente. Es la última etapa importante en la evolución vegetal. Primero las **dicotiledóneas**; después, las **monocotiledóneas**. Disminuye la importancia de las coníferas.

Probablemente que esta gran radiación se viera favorecida por: el enfriamiento general del clima en todo el mundo, la aparición de insectos capaces de polinizar y, el desarrollo de las aves capaces de transportar las semillas.

**Fauna.** Rudistas como el género Hippurites, Exogyra; Gasterópodos (Lythoceras, Neithea); los restos de los foraminíferos orbitolinas dan importantes depósitos de calizas.

Se extinguen los dinosaurios, que habían reinado durante 150 m. a. Comienzan las **aves neornites** que incluye a todas las aves modernas. Se afianza el desarrollo de los mamíferos con prototerios, y placentarios, particularmente los insectívoros.

Resumiendo, algunos fósiles guía del Mesozoico son los siguientes:

Dinosaurios (Reptiles): durante toda la era.

Ceratites (cefalópodos): Triásico.

Ammonítidos (cefalópodos): Jurásico y Cretácico.

Hildoceras (cefalópodos): Jurásico.

Pygope (Braquiópodos): Jurásico.

Hippurites (moluscos): Cretácico

Orbitolina (Foraminíferos): Cretácico.

PERÍODOS	TRIÁSICO	JURÁSICO	CRETÁCICO
FÓSILES	DINOSAURIOS <i>CERATITES</i>	DINOSAURIOS AMMONÍTIDOS <i>HILDOCERAS</i> <i>PYGOPE</i>	DINOSAURIOS AMMONÍTIDOS <i>HIPPURITES</i> <i>ORBITOLINA</i>

En cursiva los específicos de cada período

#### **19.2.4. Registro fósil del Cenozoico**

El tránsito entre el Mesozoico y el Cenozoico (Cretácico - Paleoceno) se caracteriza por una importante crisis biológica que, no tan espectacular como la del Pérmico, produjo grandes modificaciones, con la desaparición de varios grupos y el desarrollo de otros que dieron a la biosfera una configuración similar a la actual. La superficie terrestre también adquiere un aspecto parecido al actual. Las profundas transformaciones del final del Mesozoico hacen desaparecer los Ammonites, Belemnites y a los grandes reptiles. En su conjunto la flora y fauna terciarias ya anuncian la flora y la fauna cuaternarias, que son las actuales, en líneas generales.

**Flora.** Hay un claro predominio de las angiospermas sobre las coníferas, que quedaron casi exclusivamente relegadas a los bosques del hemisferio Norte. A esto contribuyó, de forma importante, la acentuación de la estacionalidad en todo el planeta y el consiguiente desarrollo del bosque caducifolio. También fueron ganando terreno las grandes praderas herbáceas (que sirvieron de base al desarrollo de los mamíferos herbívoros), aparecen los cereales y otras plantas con semillas y frutos a cuyas expensas se desarrollan las aves.

**Fauna.** Protozoos: Predominio de los Foraminíferos (**nummulites** y las alveolinas), especialmente abundantes durante el Paleoceno, época en la que la acumulación de sus caparazones llegó a formar espesores realmente espectaculares de calizas de nummulites o de alveolinas. Los sedimentos de la primera mitad del Cenozoico se caracterizan por contener estos fósiles. Tenían forma de lenteja o de moneda, con una estructura interior en espiral, con cámaras delimitadas por tabiques.

De los Equinodermos prácticamente todos los grupos cenozoicos que han llegado hasta la actualidad estaban ya representados en el Cenozoico. Destacan los equínidos hexacíclicos (Schizaster, Conoclypeus y Clypeaster). Bivalvos de grandes conchas: del Paleógeno destacan los Gasterópodos (Cerithium, Turritella) y los Bivalvos del género Ostrea; del Neógeno los gasterópodos (Planorbis), los Bivalvos (Ostrea, Pecten y Arca) y el Escafópodo (Dentalium). Se extinguen los belemnites y Ammonites.

Los peces tuvieron un gran desarrollo, en especial los seláceos a juzgar por la gran cantidad de dientes encontrados. La mayor parte de los reptiles del Mesozoico desaparecieron, adquieren un gran desarrollo los quelonios. Los **Mamíferos adquieren su diversificación** similar a la actual, incluyendo la aparición de los mamíferos acuáticos; como fósil mítico tendríamos al tigre con dientes de sable.

Resumiendo, algunos fósiles guía del Cenozoico son los siguientes: Nummulites (Foraminífero): Paleoceno-Eoceno-Oligoceno, y Quercus (Espermáfitas): Eoceno a Cuaternario

#### **CUATERNARIO o Antropozoico**

En líneas generales, los organismos que han poblado las tierras emergidas durante esta era, existen hoy día, o han evolucionado hacia formas actuales afines. Es de destacar, sin embargo, que los períodos glaciares han ejercido gran influencia sobre la flora y la fauna. Predominio de la pradera en etapas frías y de bosques de coníferas y/o robles en las interglaciaciones. En conjunto merecen destacarse los animales que han desaparecido, los que han emigrado y los que subsisten actualmente.

**Fauna.** En los animales desaparecidos destacan el antiguo elefante, el mamut, el rinoceronte lanudo y el oso de las cavernas. Cuando se enfrió el clima, muchos animales adaptados al ambiente cálido, como el



hipopótamo, el león de las cavernas y la hiena desaparecieron de Europa. Otros emigraron hacia el Sur. Por último, muchos animales actuales proceden de los que emigraron o se adaptaron a sus hábitats durante el Cuaternario. La fauna de las regiones templadas ha permanecido prácticamente invariable, destacando la permanencia de animales como jabalí, gamo, ciervo, buey, caballo, y algunas especies al borde de la extinción, como el bisonte y el castor. Importante fue la evolución de los primates, que dio lugar a la aparición del hombre en la Tierra.

Resumiendo, el principales fósil guía del Cuaternario es el Equus:

### **19.3. Líneas evolutivas de los grandes grupos de animales y vegetales**

El registro fósil, del que hemos hecho sólo una exposición general, es suficiente para que nos demos una idea de la abundancia relativa de los principales tipos de organismos que vivieron durante los distintos períodos de la historia geológica a partir del Cámbrico. Pero existen muchas lagunas que impiden una reconstrucción completa y detallada de la evolución de la vida, o, dicho de otra manera, faltan muchos eslabones de los que podemos llamar cadena evolutiva. A pesar de esta limitación, se han podido establecer las grandes líneas por las que la evolución ha tenido lugar.

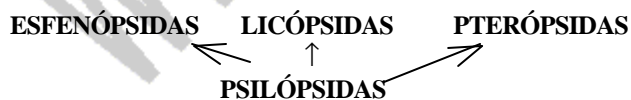
Para establecerlas interesa conocer cuándo tuvo lugar el proceso evolutivo, a lo que ayuda el registro fósil, y cómo se produjo la transformación correspondiente, a lo que se llega por interpretaciones embriológicas y de anatomía comparada. Nos referiremos brevemente a las líneas evolutivas de las plantas superiores y a las de los animales vertebrados.

#### **19.3.1. Línea evolutiva de las plantas superiores**

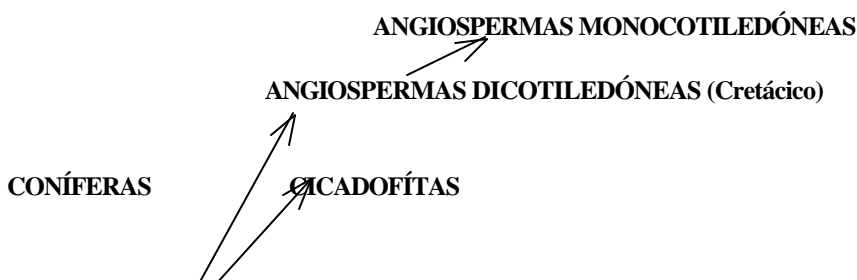
Las plantas superiores terrestres con sistema vascular (cormófitas) se originaron, al parecer, a partir de las algas clorofíceas. Se supone que hubo unas plantas vasculares primitivas y de ellas derivaron las psilofitas o psilópsidas, que son las primeras representantes de las plantas claramente vasculares y que están presentes en el Silúrico:

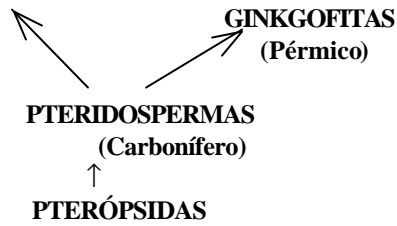


A partir de las psilofitas se desarrollan en el Devónico tres grupos de plantas vasculares, todavía sin semillas: las esfenópsidas (equisetos actuales y los fósiles Annularia y Calamites), las licópsidas, con formas de lycopodios, y las pterópsidas (helechos)



El grupo de las pterópsidas dará lugar, durante el Carbonífero, a las primeras gimnospermas (las pteridospermas (Pecopteris, Neuropteris, Alethopteris), que son como helechos con semillas). De estas derivan las cicadofitas y las ginkgofitas. El origen de las coníferas no está claro.



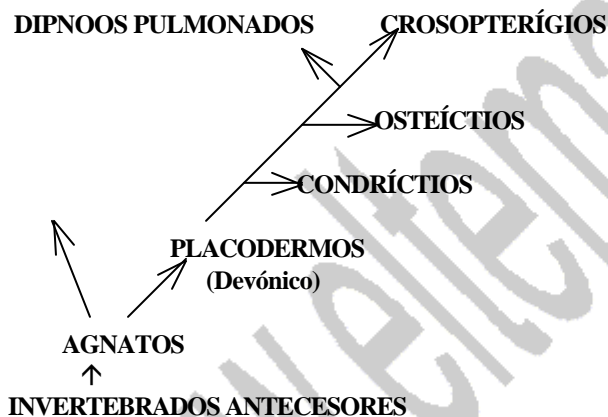


Finalmente, el grupo de las angiospermas, pasaron a dominar de manera casi absoluta la Tierra, gracias a su sistema reproductor. No hay fósiles que signifiquen formas de transición. Posiblemente proceden de las pteridospermas, apareciendo antes las dicotiledóneas. Esta etapa fue la última importante en la evolución vegetal; tuvo lugar, probablemente, en el Jurásico.

### **19.3.2. Línea evolutiva de los vertebrados**

#### **A) LINEA EVOLUTIVA DE LOS PECES**

La clase más primitiva de vertebrados y a partir de la cual evolucionan todas las demás es la de los agnatos (ostracodermos como el Pterapsis), peces sin mandíbula del Ordovícico y Silúrico, y los agnatos acorazados, que persistieron hasta el final del Devónico. Van siendo sustituidos por los placodermos (Pterichthyodes), acorazados también, pero mandibulados, que alcanzan su desarrollo en el Devónico, con diversidad de formas, algunas gigantes. Desaparecen durante el Pérmico, siendo la única clase de vertebrados extinguidos. Eran marinos y de agua dulce.



Los condrictios (tiburones) y los osteictios sustituyen a finales del Devónico a los placodermos, que van desapareciendo. Los primeros provienen, según parece, de los placodermos marinos; los segundos, de los de agua dulce. Posteriormente se desarrollaron formas marinas de osteictios haciéndose muy abundantes.

#### **B) LINEA EVOLUTIVA DE LOS ANFIBIOS**

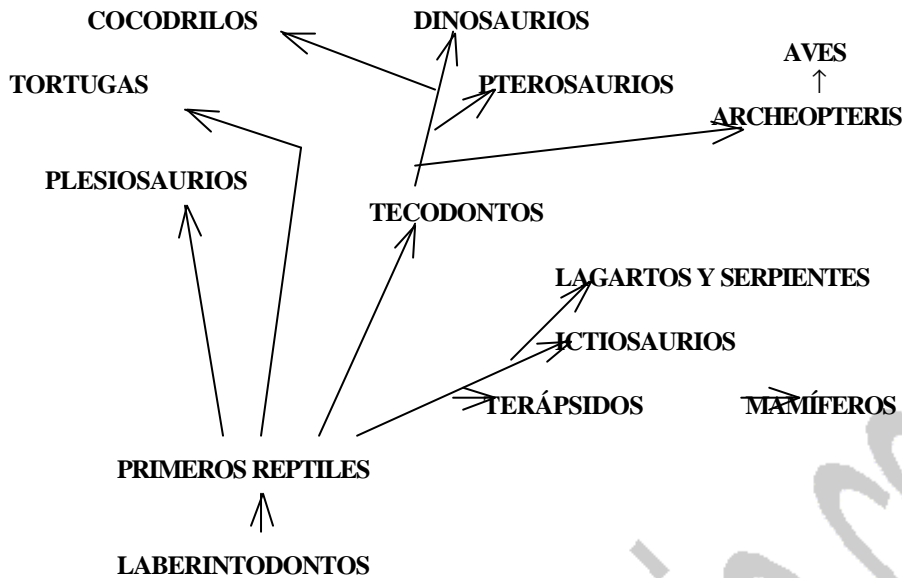
El paso de peces a anfibios es importante ya que supone una transición a la vida animal en el medio terrestre, lo que implica cambios en el sistema respiratorio y locomotor.

Los antecesores directos son los crospterigios (Osteolepsis), peces óseos de aletas lobuladas y pulmones primitivos. La estructura de esos peces es prácticamente igual a la de los primeros anfibios, los laberintodontos (Ictiostégidos), que se extinguieron rápidamente en el Devónico. Posteriormente, a finales del Carbonífero se pasa de un clima cálido y húmedo al clima árido de Pérmico, lo que hizo que aquellos anfibios se refugiasen en zonas pantanosas, dando paso a otras formas de anfibios y a los reptiles.

#### **C) LINEA EVOLUTIVA DE LOS REPTILES**

Como acabamos de ver derivan, a finales del Carbonífero, de los anfibios laberintodontos. Por su buena adaptación a las condiciones terrestres alcanzan un gran desarrollo en el Mesozoico, con gran diversificación.

Casi todos se extinguen al final del Cretácico. Evolutivamente constituye una clase muy importante, por la gran diversificación alcanzada y por ser los antecesores de aves y de mamíferos.



#### D) LINEA EVOLUTIVA DE LAS AVES

A una forma de transición entre reptiles (tecodontos) y aves se supone que corresponden los restos fósiles de los Archeopteris. Se supone que la transición pudo ocurrir en el Jurásico.

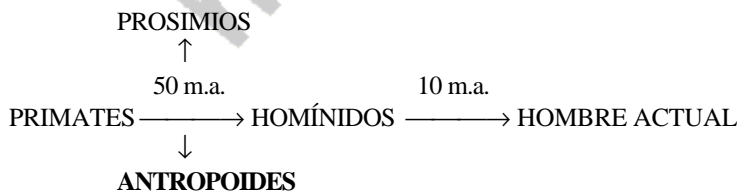
#### E) LINEA EVOLUTIVA DE LOS MAMIFEROS

Se supone que derivan de los reptiles terápsidos, pero es difícil establecer el límite exacto a partir del registro fósil. Los primeros mamíferos aparecen en el Triásico, eran pequeños y, probablemente, insectívoros. Su desarrollo y gran diversificación coincide con la extinción de los dinosaurios.

En el Cretácico superior aparecen dos grupos bien definidos (marsupiales y placentarios), y a partir de estos últimos tiene lugar una evolución ramificada hasta llegar a los órdenes actuales. Los ritmos evolutivos han sido variados. Así, los perisodáctilos (caballos) y proboscídeos (elefantes) evolucionaron sobre todo al comienzo del Cenozoico, siendo actualmente su abundancia y diversidad menores; otros, en cambio, como los roedores y primates, parece que han ido incrementando su diversidad hasta la actualidad.

#### F) (OPCIONAL) LINEA EVOLUTIVA DEL HOMBRE

El relativamente poco tiempo, la evolución dentro del orden de los primates dio lugar al origen del hombre.



En la evolución de los primates para discernir cuál puede haber sido la línea que condujo al hombre, se tienen en cuenta caracteres como bipedismo, esqueleto, dentadura, capacidad craneal, construcción de utensilios, etc. El primer homínido conocido (Ramapithecus), vivió desde hace 14 m. a. hasta hace unos 8 m. a., y parece ser que ya tenía postura bípeda, y que no era arborícola.

Los siguientes hallazgos fósiles aparecen en terrenos de hace unos 5'5 m. a. (existiendo ahí una laguna fósil de casi tres m. a. de la cual no se tienen referencias paleontológicas de homínidos). Son hallazgos

significativos las especies siguientes, encontradas en distintos puntos de la Tierra con una cronología coincidente en parte:

*Australopithecus robustus* y *A. africanus*, el primero herbívoro, el segundo omnívoro, con capacidad craneana de 50 c.c.

*Homo habilis*, con capacidad de 600 c.c., y con dentadura y con huesos parecidos a los del *H. sapiens*, pero más robusto.

*Homo erectus* (*Pithecanthropus*) u "hombre de Java", capacidad entre 800 - 1200 c.c. Conocía el fuego y cazaba.

*Homo sapiens*. Con este nombre se designan todas las formas primitivas de *H. sapiens* (*H. sapiens steinheimensis*) y las subespecies *H. sapiens neanderthalensis* y *H. sapiens sapiens*. El *H. sapiens steinheimensis*, con una capacidad de hasta 1.400 c.c., fabricaba utensilios bastante avanzados (hachas achelenses).

*H. sapiens neanderthalensis*, hombre de Neanderthal, se presenta con tres variedades: tropical (capacidad de hasta 1300 c.c.), clásica (hasta 1725 c.c.) e híbrida (intermedia entre las anteriores y el *H. sapiens sapiens*).

*H. sapiens sapiens*, con capacidad craneana como la actual (1825 c.c.). Aquí se incluiría el hombre de Cromagnon.

Existen todavía muchos problemas sin resolver, y los investigadores no coinciden al establecer el esquema de la línea evolutiva del hombre. Actualmente contribuyen al estudio de la evolución la antropología molecular y las técnicas bioquímicas junto con los clásicos métodos basados en la anatomía e indicios de "humanización". Se están produciendo, además, nuevos hallazgos fósiles, así que cabe esperar que en un futuro se puedan esclarecer estos problemas.

19.4. Fósiles de la región.