

2020

*Cátedra de Introducción a la Geología.
Materia común a varias carreras. FI. UNJu*

Unidad 2: Geología

Las leyes y principios de la Geología

Para comprender mejor las leyes de la Geología hay que partir de las leyes fundamentales de la Física, de la Química y de la Biología, que, como se sabe, son universales. Existen sólo cuatro leyes fundamentales que se refieren a la Tierra, pero cada una de ellas se expresa en varios grupos de principios y axiomas

Ley de una existencia finita en el tiempo: La Tierra, al estar constituida por una masa y un volumen, en el contexto del Sistema Solar, tiene una previsión de tiempo de vida limitado. Partiendo del hecho probable de que todos los planetas del Sistema Solar y el Sol tienen un origen común, se acepta que la Tierra se formó a la vez que el Sol, hace casi 4 600 millones de años, y que terminará su vida con el enfriamiento de éste, dentro de otros muchos millones de años.

En segundo lugar, el principio de las **reservas de energía "finitas"** establece que las materias primas contenidas en nuestro planeta no son inagotables sino limitadas, hecho que es también aplicable al Sol, aunque las reservas de este último sean mucho mayores.

El principio, guía fundamental de la Geología, el de **la superposición**, establece que en una sucesión de capas rocosas las rocas más jóvenes están encima de las más antiguas, hecho que nos proporciona una escala de tiempos relativa.

El principio de la **destrucción limitada**, pese a la erosión y el reciclaje de los materiales, se confirma por los restos que se conservan de toda la historia geológica.

Ley de equilibrio dinámico: Dentro de los límites del espacio y de energía disponibles, cada elemento puede alcanzar una medida preestablecida como resultante de diversos mecanismos naturales. Por ejemplo, una montaña no supera la altura de los 8.000 metros porque la erosión y otros fenómenos impiden su crecimiento. Una playa está en equilibrio dinámico con las olas que rompen en ella.

Existen cuatro principios que definen las reglas del equilibrio dinámico:

1. almacenamiento de energía: provoca retrasos o aceleraciones en los procesos
2. feed back: no hay ningún sistema que esté aislado.
3. umbrales: la acumulación termina en estancamiento.
4. ciclicidad: todos los sistemas tienden a repetirse en el tiempo.

La datación relativa y la escala de tiempo geológico

Durante los siglos XVIII, XIX y comienzos del XX, se usaron los procedimientos de datación relativa con el objeto de ordenar y correlacionar los diferentes estratos y terrenos geológicos. Así, se construyeron los primeros mapas geológicos, y se estableció una primera agrupación de los estratos y las rocas en: Primario, Secundario, Terciario y Cuaternario o Diluvial. Cuando se fueron determinando con más precisión los fósiles característicos de cada estrato, se definieron otras unidades bioestratigráficas más precisas, caracterizadas por la existencia de uno o varios fósiles guía, estas unidades recibieron diversos nombres en función de la zona geográfica donde se definían (p.ej. Jurásico de la región del Jura en el Sur de Francia, o Cámbrico de la región de Gales - Cambria en latín-). Cuando estas unidades se correlacionaron a nivel global, se estableció un primer calendario estratigráfico general, con el cual se podía dividir la historia de la Tierra en varios periodos. Los nombres de los eones, eras y épocas se asignaron en función del tipo de fósiles existentes en las rocas de cada período (p.ej. Paleozoico = vida antigua o Fanerozoico = vida visible).

La datación relativa se basa en principios. Mediante estos principios se consigue ordenar de manera relativa en el tiempo los procesos y materiales existentes en una región. Estos principios geológicos son:

Principio de superposición de estratos. (Nicholas Steno 1669). En una secuencia no deformada de rocas sedimentarias la roca más antigua está en el estrato más profundo y la más joven en el estrato superior. Es decir, los estratos se depositan inicialmente horizontales, situándose los más antiguos debajo. Aunque, existen numerosas excepciones.

Este principio asume que:

- La deposición de los sedimentos se produce en capas esencialmente horizontales (**principio de la horizontalidad original**)
- La deformación no es lo suficientemente intensa para que se haya producido una inversión de las capas.

En algunos casos especiales, p.ej. en los estratos que se forman en los lagos de origen glaciar - varves glaciares-, esta técnica permite asignar una fecha numérica más o menos precisa a cada estrato.

Principio de continuidad lateral (Nicholas Steno 1669). Los estratos se extienden originalmente en todas las direcciones adelgazando hasta alcanzar grosor nulo o hasta que terminan contra los bordes del área original de deposición.

Principio de sucesión faunística. La flora y fauna fósil aparecen en el registro geológico con un orden determinado. Pudiendo reconocerse cada periodo geológico por sus fósiles característicos. El contenido en fósiles de los estratos permite determinar su edad relativa, con un error más o menos grande. Así, para determinar la edad relativa de las rocas (con un error de varias decenas de Ma) se usan las asociaciones de fósiles o los fósiles guía (especie fósil delimitada estrechamente en el tiempo y con una gran dispersión geográfica). Estos últimos, son útiles no sólo como indicadores cronológicos, sino también, como elementos de correlación.

Principio de desarrollo del paisaje. Generalmente, los paisajes con mayor relieve topográfico son más jóvenes que los de menor relieve. Así, la determinación de la intensidad del relieve que existe en una región permite inferir en cierta medida la antigüedad relativa del mismo. La edad de algunas superficies recientes, en ciertos tipos de climas, se pueden datar de una forma precisa analizando el grado de recubrimiento por líquenes de esa superficie (líquenometrías).

Datación absoluta o radiométrica

Proporciona fechas específicas para los sucesos o unidades litológicas. Se usa la Datación radiométrica a partir de los índices de descomposición natural de diversos elementos radiactivos, presentes en cantidades de trazas en algunas rocas. En la naturaleza existen una serie de procesos que se producen a un ritmo fijo.

Estos procesos permiten establecer, si se conoce el ritmo de la transformación y se puede medir la cantidad de producto final, determinar la edad absoluta del material geológico. Así, se pueden establecer **edades absolutas** entre 0 y 4500 Ma.

Lord Rutherford (1871-1937) definió la estructura del átomo, e insinuó que la desintegración radioactiva podría usarse para hacer dataciones absolutas de los eventos geológicos. Los principios en los que se basan la datación absoluta son:

- Los isótopos radioactivos son inestables
- Sus núcleos se desintegran espontáneamente transformándose en átomos diferentes.
- En este proceso se libera energía
- Cada sustancia radioactiva se desintegra a un ritmo constante y propio que en algunos casos es muy lento.

Los procesos de desintegración radiactiva reúnen estas características y en ellos están basados los principales métodos de datación absoluta de los materiales geológicos. La radioactividad es una propiedad de los núcleos atómicos y es independiente del estado químico o físico, por tanto, no es afectada por la temperatura, presión, gravedad, etc. La probabilidad de que se produzca la desintegración radioactiva depende solamente de las características de los núcleos atómicos, siendo específica de cada isótopo radioactivo.

ESTRATIGRAFIA

Los tres tipos de unidades estratigráficas son:

Unidades Litoestratigráficas: basadas en la diferenciación litológica de la sucesión estratigráfica.

Unidades Bioestratigráficas: basadas en el contenido paleontológico de los estratos.

Unidades Cronoestratigráficas: basadas en el tiempo.

Además de estos tipos de unidades, existen las unidades Geocronológicas que no son puramente estratigráficas, pues no solo tienen en cuenta los sedimentos, sino últimamente el tiempo geológico absoluto, aunque están ligadas a las unidades Cronoestratigráficas.

Unidades litoestratigráficas

Son las unidades establecidas a partir de los caracteres litológicos de las sucesiones estratigráficas. Tienen una gran objetividad, tanto en su determinación como en su uso.

Estas unidades tienen un carácter eminentemente práctico, pues se pueden utilizar tanto en estudios de afloramientos como en sondeos, pudiéndose dividir los materiales de una región en conjuntos tridimensionales, tanto si son azoica como si no lo son.

Denominación y jerarquía de las unidades litoestratigráficas

Las unidades formales, ordenadas según su rango son las siguientes:



Grupo: Es la unidad litoestratigráfica de orden más alto. Esta compuesta por la unión de dos o más formaciones continuas con rasgos litológicos comunes.

La denominación formal de un Grupo esta compuesta por la palabra Grupo, seguida del nombre de una localidad geográfica, por ejemplo: Grupo Salta, etc.

Formación: La formación es la unidad fundamental de la clasificación litoestratigrafica.

Mucho más concreta es la definición dada en el Código de Nomenclatura Estratigráfica (1961): es un conjunto de rocas estratificadas que se caracterizan por su homogeneidad litológica, de forma más o menos tabular, cartografiable en superficie o puede seguirse en el subsuelo.

La definición correcta de una formación debe estar referida a una sección tipo o Estratotipo, y su denominación se compondrá de un nombre geográfico y otro litológico, por ejemplo: arenisca de San Pedro, etc.

Capa: Es un nivel unitario en una sucesión de rocas estratificadas, que se distingue claramente de los niveles superior e inferior pero con diferenciaciones visuales o físicas.

La capa es la unidad más pequeña en litoestratigrafía; todas las demás están compuestas por una o más capas.

Normalmente no se suelen usar denominaciones formales de Capas en la mayor parte de las secuencias litológicas, a no ser por características propias de la Capa, interés económico, etc.

Este Estratotipo, es preferible que este situado en la localidad geográfica de donde toma el nombre la unidad definida y que sean claramente distinguibles en el las características litológicas que sirven de base para la distinción de la unidad.

Unidades bioestratigráficas

Son las unidades estratigráficas establecidas según las características paleontológicas que presentan las rocas estratificadas. Son unidades bastante objetivas, pues se fundamentan en la presencia física de los diferentes taxones.

La principal limitación consiste en que están subordinadas a la presencia de fósiles, por lo cual cubren solamente el Fanerozoico, y aún así, existen materiales azoicos en los que no es posible realizar ninguna división estratigráfica.

Una unidad bioestratigráfica se puede definir como un estrato o conjunto de estratos (o conjunto de litología), caracterizados por su contenido fosilífero o su carácter paleontológico, y que a la vez los diferencia del resto de los estratos adyacentes.

Unidades cronoestratigráficas

Unidades cronoestratigráficas

DEFINICIONES: La clasificación cronoestratigráfica es la organización de estratos en unidades basada en sus edades. Una unidad cronoestratigráfica es un cuerpo de estratos formados durante un intervalo de tiempo geológico específico, llamado unidad geocronológica. Una cronozona abarca todas las rocas formadas en algún lugar durante un rango de tiempo caracterizado por algún rasgo geológico o algún intervalo de estratos específicos (por ejemplo, la "cronozona ammonite" se refiere a los estratos depositados durante el tiempo de los ammonites). La magnitud de una unidad cronoestratigráfica se mide por la duración del intervalo de tiempo que estas rocas representan y no por su extensión física. Un horizonte cronoestratigráfico (cronohorizonte) es una superficie estratigráfica isocrona; Tiene la misma edad en todas partes. Una "laguna" es un intervalo sin registro de rocas. Puede ser un hiato, que se refiere a un periodo sin depositación. La correlación cronoestratigráfica es la demostración de la equivalencia de unidades referente a su edad y posición cronoestratigráfica.

Las unidades cronoestratigráficas y su jerarquía; así como su correspondencia con las unidades geocronológicas es la siguiente.

Unidades Cronoestratigráficas	Unidades Geocronológicas
EONTEMA	EON
ERATEMA	ERA

SISTEMA	PERIODO
SERIE	EPOCA
PISO	EDAD
CRONOZONA	CRONO

Cronozona y crono se han distinguido por tener un carácter especial, a pesar de que las dos se pueden considerar como unidades formales.

Piso: Es la unidad fundamental en cronoestratigrafía. Consiste en un conjunto de rocas estratificadas que se han formado durante un intervalo de tiempo determinado.

No obstante el problema principal estriba en la determinación de sus límites. En la actualidad se tiende a definir los estratos tipos de los límites del piso, pues esto da una precisión mayor a la hora de la división.

Normalmente el piso se denomina con el nombre geográfico donde esta establecido su estratotipo, así: Givetiense, Albense, etc.

Cuando interés en la precisión mayor el piso se puede dividir en subpisos, cuya división es la misma que para el piso, pero el lapso de tiempo es menor.

La unidad geocronologica correspondiente a piso es la edad y su denominación es la misma que la del piso equivalente.

Serie: Está representada por el conjunto de estratos que se depositaron durante un intervalo de tiempo determinado, mayor que el del piso.

La denominación puede ser o bien del tipo geográfico o del sistema al que pertenece, por ejemplo, Serie Devonico Medio, Serie del Cretácico Superior, etc.

La unidad geocronologica equivalente a serie es la época y toma la misma denominación que la serie correspondiente.

Sistema: Puede estar definida por un conjunto de pisos correlativos o por dos o más series también correlativas.

La denominación de los sistemas tiene diverso origen: Litológico, por ejemplo: Carbonífero, Cretácico; Geográfico, por ejemplo: Devonico, Jurasico, etc.

La unidad geocronologica equivalente al sistema es el periodo y su denominación es la misma que la del sistema correspondiente.

Eratema: Está compuesto por el conjunto de varios sistemas consecutivos.

Sus denominaciones son las más antiguas que las unidades cronoestratigráfica: Arqueozoico, Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, aunque muchos autores no admitan el Arqueozoico como una eratema sino como unidad e orden mayor.

La unidad geocronológica equivalente a eratema es la era y su denominación es la misma que la del eratema correspondiente.

Eontema: Es la unidad superior cronoestratigráfica aunque no se suele utilizar, pues debido a su magnitud no es útil como division de estratos.

Como las unidades cronoestratigráficas son de uso universal, al ser divisiones de estratos según el tiempo, es fundamental que tengan un patrón de referencia al que se pueda acudir para la comparación. Este patrón es el estratotipo de la unidad correspondiente.

Unidad geocronológica

Las unidades geocronológicas son divisiones de tiempo utilizadas en geología histórica, que se realizan a partir de registros de espesores de rocas. Son unidades abstractas y se corresponden a la posición que tienen los estratos rocosos unos respecto a otros, y los límites entre ellos se relacionan con eventos geológicos evidenciados en las mismas rocas, como extinciones de distintas especies y orogénesis entre otros. En orden decreciente de jerarquía son:

- Eón
- Era geológica
- Período geológico
- Época geológica

LA ERA AGNOSTOZOICA

Comprende el tiempo de formación de la tierra (hace 4600 millones de años) hasta hace aproximadamente 570 millones de años.

Precisamente durante la era agnostozoica la vida haría su aparición con formas sencillas de organismos, hace 3600 millones de años; cuyos restos más antiguas han podido reconocerse con dificultad, tanto a causa del intenso metamorfismo que han experimentado aquellos terrenos, como también a la sencilla organización de los seres primordiales, hace difícil su fosilización y la conservación de los restos.

PERIODO ARCAICO

Es el primer periodo de la era Agnostozoica. Constituye la parte fundamental e inferior de la corteza terrestre, ya que los terrenos que comprende han sido llamados primitivos. Estos presentan un aspecto de continuidad y formaron alrededor del globo una envoltura ininterrumpible que solo es visible en los terrenos no recubiertos por formaciones sedimentarias o eruptivas, pues estas las ocultan en la mayor parte de la superficie terrestre

PERIODO PRECAMBRICO

El Precámbrico es el segundo periodo de la época Agnostozoica, y se efectúa después del Arcaico. Existe una confusión ya que muchos geólogos toman a este periodo como una era, sin embargo como este solo es parte de una era mucho mayor.

1- ERA PALEOZOICA

Comenzó hace 570 millones de años y finalizó hace 245 millones de años, es decir, duró 325 millones de años. Paleozoica significa "vida antigua". La tierra en nada se parecía a lo que hoy podemos contemplar: grandes terremotos agitaban el mundo, fuerzas orogénicas ocasionaron importantes plegamientos, los mares invadieron varias veces la tierra firme, y la actividad volcánica fue considerable. El globo se caracterizó por la gran abundancia de gas carbónico y de vapor de agua en su atmósfera. Dos cordilleras principales se formaron en esta Era y algunos de sus picos debieron alcanzar alturas muy considerables.

- En esta era paleozoica, la vida de nuestro planeta aumentó increíblemente, muchos animales desarrollaron caparazón o esqueleto
- A principios del paleozoico, todos los seres vivos eran acuáticos: Ni uno solo vivía en tierra firme, ni siquiera las plantas, hacia finales del paleozoico, la vida había avanzado tanto, que varios seres habían logrado conquistar la tierra firme.
- Durante la primera mitad del paleozoico evolucionaron formas de vida más complicadas, los peces fueron los primeros animales que desarrollaron una espina dorsal, y los más antiguos vivieron hace más de 400 millones de años, en el periodo ordovícico mediados del

paleozoico, los peces abarrotaban los mares, y algunos incluso intentaron colonizar la tierra firme.

SISTEMAS GEOLÓGICOS DE LA ERA PALEOZOICA

La Paleogeografía de la era Paleozoica era la siguiente:

- Continente noratlántico, formado por América del Norte y Europa.
- Continente chinosiberiano, separado de Europa por el mar de los Urales, de dirección N-S.
- Continente Gondwana, situado en el hemisferio Sur, formado por Australia, África, América del Sur, India y la Antártida.
- Los continentes septentrionales y el de Gondwana estaban separados por el mar de Tethys, de dirección E-W, cuyos restos son el Mediterráneo.

1-1 Periodo Cámbrico:

- El periodo cambrico es el posterior al precámbrico.
- Es el primer periodo de la era paleozoica.
- Tiene una duración de 570 millones de años.
- Las costas del cambrico se estudiaron por primera vez en gales y tomaron su nombre de cambria, el antiguo nombre de esta región de gran Bretaña.
- En general, todas estas rocas están fuertemente tectonizadas, presentándose plegadas, y no son raros los «ripple-marks», sobre pizarras.
- Colisiones múltiples entre las placas de la corteza terrestre crearon el primer supercontinente, llamado Gondwana.
- El Cámbrico suele ser transgresivo sobre el Arcaico, pero su límite superior suele estar mal definido.

1-2 PERIODO ORDOVICICO

Este período comenzó hace unos 500 millones de años y tiene una duración de 65 a 70 millones de años, durante este tiempo no había vida en tierra firme, El predecesor del océano Atlántico actual empezó a contraerse mientras que los continentes de esa época se acercaban unos a otros el continente norteamericano se desplazaba hacia el norte de Europa, elevando. Se produjo una intensa actividad volcánica, se elevaron montañas y el clima fue bastante parejo y tibio en toda la Tierra. , pero en los mares se desarrollaron seres de todo tipo.

Sistemas geologicos del Ordovico

El Ordovícico comprende cinco pisos: tremadociano, arenigiano, llandeiliano, caradociano y asghilliano. Las rocas más frecuentes son: cuarcitas, pizarras y calizas; es característica la cuarcita armoricana del arenigiano con pistas de Cruciana y Fraema, intensa actividad volcánica en las fases iniciales de la orogenia caledoniana; se inicia con una transgresión general en toda Europa, que es la que da origen a la formación de potentes bancos de cuarcitas. Esta transgresión hace que se reduzca Europa a un extenso archipiélago que luego, como consecuencia de la orogenia caledoniana, se va transformando poco a poco en un gran continente noratlántico.

1-3 PERIODO SILÚRICO

Este periodo se inicia hace 430 millones de años y dura unos 30 millones de años. El nivel de los mares tiende a variar, elevándose y bajando, según ciclos que ocurren en los territorios que se

han ido consolidando. Se produjeron grandes plegamientos de la corteza terrestre. El clima fue, por lo general, templado y muy seco en algunas zonas. La vida vegetal se aventuró en tierra bajo la forma de plantas simples llamadas psilofitas, que tenían un sistema vascular (tejidos que transportan el alimento) para la circulación de agua

1-4 PERIODO DEVÓNICO

Los océanos estaban poblados por grandes peces depredadores. Los animales y las Plantas empezaron a extenderse por tierra firme.

Este periodo se conoce también como la edad de los peces, por la abundancia de sus fósiles entre las rocas de este periodo. Se desarrolla entre los 400 y los 350 millones de años antes de nuestra era. Fue una época de gran actividad volcánica y formación de las montañas. El clima era cálido y había copiosas lluvias estacionales que arrastraban gran cantidad de material desde las nuevas montañas hacia los mares.

1-5 PERIODO CARBÓNICO

El periodo carbonífero comenzó hace unos 350 millones de años. Este período se caracteriza por los fuertes movimientos de la corteza terrestre. Se alzó el fondo de los mares y se iniciaron poderosas convulsiones que fueron originando cadenas de montañas por el plegamiento de las capas externas de la corteza. Otras áreas se sumergieron y dieron origen a marismas y pantanos. El clima era seco.

1-6 PERIODO PÉRMICO

Este periodo comenzó hace 270 millones de años y finalizó hace 245 millones de años. Durante este período las zonas de tierra se unieron en un único continente llamado Pangea, y en la región que correspondía con América del Norte se formaron los Apalaches. Se completó la formación de grandes cadenas montañosas en Asia, Europa y América. Emergió la parte central de la cordillera andina. El clima era árido y cálido en el hemisferio sur, y glacial en el hemisferio norte. Se fueron marcando diferencias estacionales.

2- ERA MESOZOICA

Por todo el mundo. Se extinguieron los dinosaurios y comenzó la gran diversificación de los mamíferos.

2-1 Periodo Triásico

Es el primer periodo de la era mesozoica. Inicia hace 245 millones de años termina hace 195 millones de años. Desiertos y montañas cubiertos de matorrales constituían la mayor parte de los territorios. El clima era cálido y seco y debido a las condiciones de aridez se detuvo por un largo período la proliferación de especies. El principio de este periodo quedó marcado por la reaparición de Gondwana cuando Pangea se dividió en los supercontinentes del Norte (Laurasia) y del Sur (Gondwana).

2-2 Periodo Jurásico

El periodo jurásico empezó hace 200 millones de años y finalizó hace 136 millones de años. Nuevamente avanzaron los mares. Al desplazarse Gondwana, el norte del océano Atlántico se ensanchaba y nacía el Atlántico sur. En tierra firme se extendieron las selvas o llanuras pantanosas, con grandes lagos y ríos. Predominaban los climas suaves, subtropicales.

2-3 Periodo Cretácico

Duró 65 millones de años (135-70 millones). Se formaron enormes marismas en las áreas continentales. Fue una época de intensa actividad orogénica (de formación de montañas), como las Rocallosas de América del Norte y partes de los Andes. El clima suave permitió el

crecimiento de abundante vegetación, que llegó a cubrir hasta Groenlandia. En Australia y el sur de América, en cambio, los territorios estaban cubiertos de glaciares.

3- ERA CENOZOICA: EDAD DE LOS MAMIFEROS

La era Cenozoica comenzó hace 65 millones de años y todavía no termina. Se divide en dos periodos, el terciario y el cuaternario, que abarca hasta nuestros días. Sin embargo debido a la cantidad de información que manejan los paleontólogos sobre esta era, se tiende a dividir cada periodo en épocas. Durante la primera parte de esta era, tuvo lugar una brusca transición de la edad de los reptiles a la edad de los mamíferos, ya que desaparecen los grandes dinosaurios y otros reptiles que habían dominado la vida durante el mesozoico.

3-1 PERIODO TERCIARIO

El periodo Terciario es el primer periodo de la era cenozoica. Recoge la herencia empobrecida del cretácico. Las formas de vida de la tierra y del mar se hicieron más parecidas a las existentes ahora. La hierba era más prominente, y esto provocó cambios en la dentición de los animales herbívoros. Al haber desaparecido la mayoría de los reptiles dominantes al final del cretácico, el cenozoico fue la edad de los mamíferos.

Este periodo se divide en cinco épocas o series (U.C) que son:

- El Paleoceno
- El Eoceno
- El Oligoceno
- El Mioceno
- El Plioceno

3-2 PERIODO CUATERNARIO

- Se llama también antropozoico, esta denominación alude en que sus estratos se han encontrado los restos indudables de antecesores del género humano, correspondientes a diversas especies. Se viene discutiendo hace tiempo la presencia del hombre durante el terciario y sobre todo en el plioceno. Los últimos datos parecen indicar que en aluviones de esta época se han encontrado pedernales tallados de modo intencionado, denominados eolitos, que deben haber sido lascados, para utilizarlos, por un ser humano. Pero hasta el presente, los restos esqueléticos del hombre, considerados sin discusión como tales, corresponden todos al cuaternario.

3-2-1 Epoca del Pleistoceno

Comenzó hace un millón de años. Mantos de hielo cubrían grandes extensiones en varios ciclos de glaciaciones. Los profundos cambios de clima ocasionaron la desaparición de muchas especies de plantas y animales. La fauna y la flora cambiaba con las oscilaciones climáticas. En los periodos glaciares vivían en Europa bisontes, buey almizclero, gamuzas, mamut, oso de las cavernas, etc., mientras que en los periodos interglaciares había jirafas, hipopótamos, elefantes, etc., es decir, animales de la fauna africana.

3-2-2 Epoca del Holoceno

Comenzó hace unos diez mil años, vivimos actualmente en esta época. En el Holoceno termina la última glaciación continuando la retirada de los hielos. La topografía era semejante a la actual. Los climas se fueron equilibrando, se vuelven cálidos y se produjo una creciente sequedad en el ambiente terrestre.

Los territorios se cubrieron de bosques y de selvas. La vida en el mar era muy parecida a la actual (pero sin contaminación). Comienza el dominio de la especie humana, el Homo Sapiens (el hombre) aprendió a cultivar la tierra y a domesticar los animales. Desarrolló las ciudades.

FÓSILES

Son fósiles los restos de antiguas conchas marinas incrustadas en las rocas, y también lo son los huesos y los dientes de mamíferos del pasado. Lo mismo puede decirse de los delicados cuerpos de insectos sepultados en ámbar y de los grandes trozos multicolores de madera petrificada. Incluso las huellas dejadas por los dinosaurios al caminar sobre un barrizal se consideran fósiles. Los fósiles son, pues, cualquier huella o vestigio de plantas o animales que vivieron en el pasado prehistórico.

Los fósiles más antiguos que se conocen son restos de algas y bacterias microscópicas que vivieron hace más de 3,000 millones de años. Entre los más recientes se encuentran los cuerpos congelados de mamutes que vagaban por la tundra ártica hace unos cuantos miles de años. Todo lo que sabemos sobre la asombrosa variedad de plantas y animales que poblaron la tierra antes de que lo registrara el hombre lo hemos aprendido de los fósiles.

Formación de los fósiles

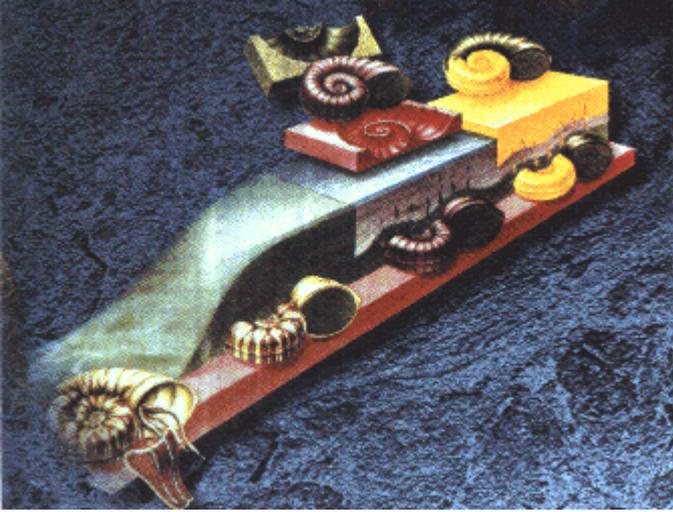
La mayoría de los fósiles se formaron al quedar el organismo enterrado entre sedimentos, generalmente bajo el agua, inmediatamente después de morir. En estas condiciones, las partes carnosas se descomponen y desaparecen rápidamente; en cambio, las partes duras, como huesos, permanecen. En algunos casos, estas estructuras duras subsisten casi intactas, pero con más frecuencia sus poros y espacios abiertos se impregnan parcial o totalmente de depósitos minerales procedentes del agua que se filtra, y toda la estructura se convierte en roca. En el caso de la madera petrificada, la materia original puede haber sido sustituida por minerales, sobre todo silicio, y se conservan perfectamente características como los anillos de crecimiento anuales e incluso la estructura celular.

En otro tipo de fosilización, la estructura original se disuelve completamente y no deja más que un hueco o molde natural en la roca que conserva la forma exacta del original. A veces, otras materias se infiltran en el molde y producen un vaciado que es una réplica del original.

Los moldes de hojas y otras estructuras muy finas se conocen como ?impresiones?. Las hojas y los animales de carne blanda se llegan a fosilizar como películas de carbón que conservan las siluetas de los originales. Son especialmente bellas las hojas de helecho fósiles, intrincadamente detalladas, que se preservaron de esta manera.

Proceso de fosilización

Cuando un organismo muere, sus restos se descomponen y disgregan rápidamente por la acción de las bacterias, otros animales, el viento, la lluvia, o las olas del mar. Pero si ese cadáver es enterrado en poco tiempo por los sedimentos, y se ve a salvo de la intervención de los agentes biológicos y mecánicos crecen mucho las posibilidades de que fosilice. Obviamente es mucho más sencillo que lo hagan las partes duras como conchas y huesos, que las partes blandas como los músculos y vísceras que a pesar de su enterramiento siguen expuestos a la acción de las bacterias. Todo depende de lo hermético que sea el envoltorio protector que rodea al organismo. En casos excepcionales también se conservan esas partes blandas, y se han encontrado insectos



perfectamente preservados en ámbar, que es resina fósil de árboles, vertebrados en minas de asfalto, o mamuts congelados en la turba de Siberia.

Salvo esas raras excepciones, el proceso de fosilización comienza a partir de la desaparición de las partes blandas y el relleno de los huecos por el sedimento circundante. En ese momento empiezan a producirse una serie de transformaciones químicas que poco a poco van sustituyendo los compuestos orgánicos de esos restos por minerales.

Esta transformación depende de la composición química del hueso o concha, y de la del sedimento que lo contiene, si esta combinación es favorable, la sustitución se realizará molécula a molécula, durante un largo, muy largo período de tiempo, hasta que el organismo esté completamente mineralizado, es decir, convertido en piedra.

Si por causa de la erosión, o por la acción del hombre la roca que lo contiene queda expuesta en la superficie, estará sometida a los procesos erosivos a los que se ve sometido el relieve, y se destruirá en un tiempo más o menos corto. Ahora, si es recogido racionalmente, teniendo en consideración que no es solo una bonita piedra para poner encima del televisor, sino que es una fuente de información sobre la vida pasada, tendremos una joya de la naturaleza llamada fósil.



Fósiles guía

Algunos seres vivos lograron colonizar grandes extensiones y vivieron durante breves periodos de tiempo. Los fósiles formados a partir de este tipo de seres vivos se les conoce como fósil guía o fósil característico. Estos fósiles se utilizan para relacionar rocas con un determinado tiempo geológico. Por ejemplo, los dinosaurios vivieron durante el Jurásico, hace 195 m.a. Si dentro de una roca encontramos un fragmento de dinosaurio, eso significa que la roca tendrá la antigüedad de 195 m.a. Además, sirve para establecer la **cronología relativa** entre rocas. Cuando se comparan dos rocas con fósiles, la más antigua será aquella que contenga el fósil más antiguo.

PALEOECOLOGIA

El campo de investigación paleoecológico incluye el ciclo de vida de los fósiles, las relaciones recíprocas entre las especies fósiles identificadas, su medio ambiente o las maneras en que murieron, se depositaron y fueron sepultados.



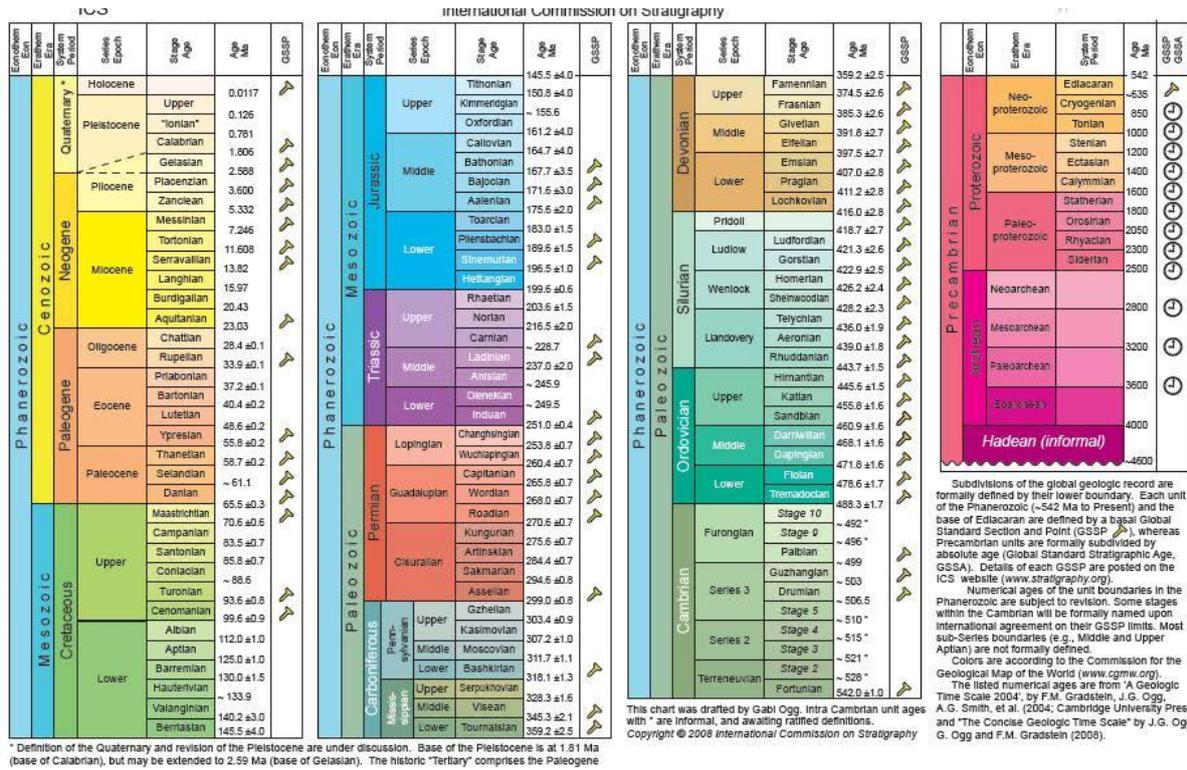
☐
 Icnitas de dinosaurio: la trayectoria de las huellas y la presencia de ondulita son elementos para reconstruir el ambiente y el modo de vida de este dinosaurio.

El objetivo de la paleoecología es el de reconstruir el modelo más detallado posible del ecosistema de organismos que hoy se encuentran dentro de rocas sedimentarias como fósiles. Estas reconstrucciones ecológicas se hacen teniendo en cuenta, como base de partida, los actuales ambientes naturales y parámetros biológicos, físicos y químicos que los caracterizan, como la temperatura media y sus rangos, la naturaleza y cantidad de comida disponible, el grado de intensidad de la iluminación solar, la salinidad del agua etcétera. Gran parte de estos parámetros no pueden deducirse directamente de los sedimentos y han de deducirse indirectamente.

Como se estudia la paleoecología

Los instrumentos que utiliza la paleoecología son variados, complejos y necesitan relacionarse entre sí, en cuanto que los procesos de fosilización y sedimentación conservan sólo una mínima fracción de la información que las personas expertas observan en los ambientes naturales actuales. Los principales son:

- Reconocimiento y descripción del ambiente en el que ocurrió la sedimentación, deducida del estudio sedimentológico del yacimiento.
- Análisis estadístico de los hallazgos fósiles, como la relación numérica entre animales carnívoros y herbívoros, porcentaje de individuos adultos y jóvenes, relevancia de la concurrencia de ciertas especies fósiles en los mismos yacimientos (con el objetivo de reconstruir la cadena biológica y trófica de diversos organismos), etcétera.
- Estudio del estado de la evolución animal y vegetal y de los filos existentes durante el periodo geológico en que se han depositado los fósiles y sedimentos a estudiar.
- Observación de las huellas fósiles de movimiento sobre paleosuperficies.
- Identificación, interpretación y reconocimiento de marcas de predación sobre huesos y conchas fósiles.
- Reconocimiento de la presencia de especies típicas como indicadores ambientales, por ejemplo de corales, cuyo metabolismo requiere de precisas condiciones de salinidad de las aguas, intervalos definidos de temperatura y aguas limpias.



Mesozoico	Cretácico	Superior Tardío /	Maastrichtiense	Proliferan las plantas con flor y nuevos tipos de insectos.	72,1±0,2			
			Campaniense	Empiezan a aparecer peces teleósteos más modernos. Son comunes ammonites,	83,6±0,2			
			Santoniense	belemnites, bivalvos rudistas,	86,3±0,5			
			Coniaciense	equinoides y esponjas. Varios tipos de dinosaurios (como	89,8±0,3			
			Turonense	tiranosáuridos, titanosáuridos, hadrosáuridos, y ceratópsidos)	93,9			
			Cenomaniense	evolucionaron en tierra, así como los cocodrilos modernos;	100,5			
			Inferior Temprano /	Albiense	mosasaurios y tiburones modernos aparecieron en el	~113,0		
				Aptiense	mar. Las aves primitivas	~125,0		
				Barremiense		~129,4		
				Paleógeno	Eoceno	Thaniense	Clima tropical. Aparecen las plantas modernas; los mamíferos se diversifican en varios linajes primitivos tras el evento de extinción del Cretácico-Terciario. Primeros mamíferos grandes (osos y pequeños hipopótamos).	59,2
						Selandiense		~61,6
						Daniense		66,0
			Oligoceno		Priaboniense	Extinción de final del Eoceno («Gran Ruptura» de Stehlin). Prosperan los mamíferos arcaicos (Creodonta, Condylartha, Uintatheriidae, etc.) y continúan su desarrollo durante esta época. Aparición de varias familias "modernas" de mamíferos. Las ballenas primitivas se diversifican. Primeras hierbas. India colisiona con Asia. Máximo térmico del Paleoceno-Eoceno. Disminución del dióxido de carbono. Aparecen capas de hielo en la Antártida.	38,0	
		Bartoniense				41,3		
		Luteciense				47,8		
		Ypresiense				56,0		
		Chattense				28,1		
		Rupeliense				33,9		
		Neógeno			Plioceno	Piacenziense	Clima frío y seco. Aparecen los Australopithecina, varios géneros de los mamíferos existentes y los moluscos recientes. Se forma el istmo de Panamá, provocando el Gran Intercambio Americano	3,600
			Zancliense			5,333		
			Mioceno	Messiniense	Clima moderado; orogenia en el hemisferio norte. Desecación del Mediterráneo en el Mesiniense. Se hacen reconocibles las familias de los mamíferos y aves modernos.	7,246		
				Tortonense		11,62		
				Serravalliense		13,82		
Langhiense	Los caballos y los mastodontes se diversifican. Primeros bosques de Laminariales; la hierba se hace ubicua. Aparecen los primeros simios.			15,97				
Burdigaliense				20,44				
Aquitaniense				23,03				
Gelastense					2,588			

Paleozoico	Jurásico	Hauteriviense	reemplazaron gradualmente a los pterosaurios. Aparecieron monotremas, marsupiales y mamíferos placentarios. Ruptura de Gondwana.	~132,9	
		Valanginiense		~139,8	
		Berriasiense		~145,0±0,8	
		Superior Tardío /	Tithoniense		152,1±0,9
			Kimmeridgiense		157,3±1,0
			Oxfordiense		163,5±1,0
		Medio	Calloviense	Son comunes gimnospermas (especialmente coníferas, Bennettitales y cicadas) y helechos. Muchos tipos de dinosaurios, como saurópodos, carnosaurios, y estegosaurios. Los mamíferos son comunes pero pequeños. Primeras aves y lagartos. Ictiosaurios y plesiosaurios se diversifican. Bivalvos, ammonites y belemnites abundan. Los erizos de mar son muy comunes, junto con crinoides, estrellas de mar, esponjas, y braquiópodos terebratulídeos y rinconélidos. Ruptura de Pangea en Gondwana y Laurasia.	166,1±1,2
			Bathoniense		168,3±1,3
			Bajociense		170,3±1,4
	Aalenense			174,1±1,0	
	Inferior Temprano /	Toarciense		182,7±0,7	
		Pliensbachense		190,8±1,0	
		Sinemuriense		199,3±0,3	
		Hettangiense		201,3±0,2	
	Triásico	Superior Tardío /	Rhaetiense	Los arcosaurios dominan en tierra como dinosaurios, en los océanos como ictiosaurios y notosaurios, y en el cielo como pterosaurios. Los cinodontos se hacen más pequeños y se asemejan cada vez más a un mamífero. Aparecen los primeros mamíferos y el orden crocodylia. Plantas del género <i>Dricroidium</i> eran comunes en tierra. Muchos grandes anfibios acuáticos temnospóndilos. Ammonoideos ceratíticos extremadamente comunes. Aparecen los corales modernos y los peces óseos (teleósteos), así como muchos de los clados modernos de insectos.	~208,5
			Noriense		~228
			Carniense		~235
		Medio	Ladiniense		~242
			Anisiense		247,2
		Inferior Temprano /	Olenekiense		251,2
			Induense		252,2±0,5
	Pérmico	Lopingiense	Changhsingiense	Las tierras emergidas se unen formando el supercontinente Pangea, creando los Apalaches. Fin de la glaciación permocarbonífera. Los reptiles sinápsidos (pelicosaurios y terápsidos) se hacen abundantes, siguen siendo comunes los parareptiles y anfibios temnospóndilos. Durante el Pérmico Medio, la flora del carbonífero es reemplazada por gimnospermas con estróbilos (las primeras plantas con semilla verdaderas) y los primeros musgos verdaderos. Evolucionan los escarabajos y las moscas. La vida marina florece en los arrecifes someros y cálidos; braquiópodos productidos y espiriféridos, bivalvos, foraminíferos, y ammonoideos, todos muy abundantes. Extinción del pérmico-triásico hace 251 ma: se extingue el	254,2±0,1
			Wuchiapingiense		259,9±0,4
		Guadalupiense	Capitaniense		265,1±0,4
			Wordiense		268,8±0,5
			Roadiense		272,3±0,5
		Cisuraliense	Kunguriense		279,3±0,6
Artinskiense				290,1±0,1	
Sakmariense				295,5±0,4	
Asseliense				298,9±0,2	

					95% de la vida en la Tierra, incluyendo todos los trilobites, graptolites y blastozoos.	
Carbo-nífero ¹⁰	Pensilvaniano	Superior Tardío	Gzheliense	Los insectos alados se diversifican repentinamente, algunos (protodonatos y palaeodictiópteros) de gran talla. Los anfibios son abundantes y diversificados. Primeros reptiles y bosques (árbol de escamas, helechos, Sigillaria, colas de caballo gigantes, Cordaites, etc.). Nivel de oxígeno más elevado que nunca. En los mares abundan goniatites, braquiópodos, briozoos, bivalvos y corales. Los foraminíferos testados proliferan.	303,7±0,1	
			Kasimoviense		307,0 ±0,1	
		Medio	Moscoviense		315,2±0,2	
		Inferior Temprano	Bashkiriense		323,2±0,4	
	Missisipiense	Superior Tardío	Serpukhoviense	Grandes árboles primitivos, primeros vertebrados terrestres, y escorpiones marinos anfibios viven en los estuarios costeros. Rhizodontos de aletas lobuladas son los grandes depredadores de agua dulce. En los océanos, los primeros tiburones son comunes y muy diversos; equinodermos (crinoides y blastozoos) abundantes. Corales, briozoos, goniatites y braquiópodos (productidos, espiriféridos, etc.) muy comunes. En cambio, trilobites y nautiloideos declinan. Glaciación sobre el este de Gondwana.	330,9±0,2	
		Medio	Visense		346,7±0,4	
		Inferior Temprano	Tournaisiense		358,9±0,4	
		Devónico	Superior Tardío	Fameniense	Aparecen las primeras lycopodiáceas, colas de caballo y helechos, así como las primeras plantas con semilla (progimnospermas), primeros árboles (la progimnosperma <i>Archaeopteris</i>), y primeros insectos (sin alas). Braquiópodos estrofofoménidos y atrypidos, corales rugosos y tabulados, y crinoides son muy abundantes en los océanos. Ammonoideos goniatíficos alcanzan su máximo, surgen los coleoideos con forma de calamar. Declinan los trilobites y los agnatos acorazados, comienza el reinado de los peces mandibulados (placodermos, de aletas lobuladas y osteictios, primeros tiburones). Los primeros anfibios son aún acuáticos. Se forma Euramérica (continente de las Areniscas Rojas Antiguas).	372,2±1,6
				Frasniense		382,7±1,6
			Medio	Givetense		387,7±0,8
Eifeliense				393,3±1,2		
Inferior Temprano	Emsiense		407,6±2,6			
	Praguense		410,8±2,8			
	Lochkoviense		419,2±3,2			
Silúrico	Pridoli		Primeras plantas vasculares (Rhyniophyta y emparentadas), primeros milpiés y miriápodos arthropleuroideos en tierra. Primeros peces con mandíbula junto con gran variedad de peces acorazados agnatos, pueblan los mares. Los escorpiones marinos alcanzan gran tamaño. Corales tabulados y rugosos, braquiópodos	423,0±2,3		
	Ludlow	Ludfordiense		425,6±0,9		
		Gorstiense		427,4±0,5		
	Wenlock	Homeriense		430,5±0,7		

Precámbrico ¹²	Proterozoico	Ordovícico	Llandovery	Sheinwoodiense	(Pentamerida, Rhynchonellida, etc.), y crinoides todos abundantes. Trilobites y moluscos diversos; graptolites no tan variados.	433,4±0,8
				Telychiense		438,5±1,1
				Aeroniense		440,8±1,2
				Rhuddaniense		443,4±1,5
			Superior Tardío /	Hirnantense	Los invertebrados se diversifican en muchas formas nuevas (ej. cefalópodos de concha recta). Primeros corales, braquiópodos articulados (Orthida, Strophomenida, etc), bivalvos, nautiloideos, trilobites, ostrácodos, briozoos, muchos tipos de equinodermos (crinoides, cistoideos, estrellas de mar, etc.), graptolites ramificados, y otros taxones todos comunes. Aparecen los conodontos (cordados planctónicos primitivos). Primeras plantas verdes y hongos en tierra. Glaciación al final del periodo.	445,2±1,4
				Katiense		453,0±0,7
				Sandbiense		458,4±0,9
			Medio	Darriwilense		467,3±1,1
				Dapingiense		470,0±1,4
			Inferior Temprano /	Floiense		477,7±1,4
				Tremadociense		485,4±1,9
			Cámbrico	Furongiense	Piso / Edad 10	Elevada diversificación de las formas de vida en la explosión cámbrica. Aparecen la mayoría de los filos animales modernos. Aparecen los primeros cordados, junto con una gran variedad de filos problemáticos ya extintos. Abundan los arqueociatos formadores de arrecifes, luego desaparecen. Trilobites, gusanos priapulidos, esponjas, braquiópodos inarticulados, y muchos otros animales son abundantes. Los anomalocáridos son depredadores gigantes, mientras que mucha de la fauna de Ediacara se extingue. Procariotas, protistas (ej. foraminíferos), hongos y algas persisten hasta el día de hoy. Pannotia se excinde en Gondwana y en otros continentes menores.
		Jiangshaniense			~494	
		Paibiense			~497	
		Serie / Época 3		Guzhangense		~500,5
				Drumiense		~504,5
		Serie / Época 2		Piso / Edad 5		~509 ¹¹
				Piso / Edad 4		~514 ¹¹
				Piso / Edad 3		~521 ¹¹
				Piso / Edad 2		~529 ¹¹
		Terreneuviense		Fortuniense		541,0±1,0
		Neo-proterozoico		Ediacárico		La biota ediacárica florece en todos los mares. Huellas de posibles animales vermiformes (<i>Trichophycus</i>). Primeras esponjas y trilobitomorfos. Formas enigmáticas que incluyen numerosos animales blandos parecidos a bolsas, discos o colchas (como <i>Dickinsonia</i>).
			Criogénico		Glaciación global ("Tierra bola de nieve"). Los fósiles aún son raros. El continente Rodinia comienza a fragmentarse.	850 ¹³
			Tónico		Persiste el supercontinente Rodinia. Trazas fósiles de de eucariotas multicelulares simples. Primera diversificación de acritarcos parecidos a dinoflagelados.	1000 ¹³
			Meso-proterozoico	Esténico	Surgen estrechos cinturones metamórficos debidos a la orogenia al formarse el supercontinente Rodinia.	1200 ¹³
				Ectásico	Los depósitos sedimentarios sobre las plataformas continúan expandiéndose. Colonias de algas verdes pueblan los mares.	1400 ¹³
				Calímmico	Desarrollo de depósitos sedimentarios o volcánicos sobre las plataformas existentes.	1600 ¹³

	Paleo-proterozoico	Estatérico	Primeras formas de vida unicelulares complejas: protistas con núcleo. Formación del primer supercontinente, Columbia.	1800 ¹³	
		Orosírico	La atmósfera se vuelve oxigénica. Impactan dos asteroides, ocasionando los cráteres de Vredefort (2020 Ma) y de Sudbury (1850 Ma). Orogenia intensa.	2050 ¹³	
		Riásico	Formación del Complejo Bushveld. Glaciación Huroniana.	2300 ¹³	
		Sidérico	La Gran Oxidación: formaciones de hierro bandeado.	2500 ¹³	
	Arcaico	Neoarcaico	Estabilización de los cratones modernos.	2800 ¹³	
		Mesoarcaico	Primeros estromatolitos (probablemente cianobacterias coloniales). Macrofósiles más antiguos.	3200 ¹³	
		Paleoarcaico	Primeras bacterias productoras de oxígeno conocidas. Microfósiles definitivos más antiguos.	3600 ¹³	
		EOARCAICO	Primeras formas de vida unicelulares (probablemente bacterias y puede que arqueas). Microfósiles inciertos más antiguos. Primeras moléculas de RNA auto-replicantes. Máxima actividad de impactos meteoríticos del "Bombardeo intenso tardío" en el Sistema Solar interior (~3920 Ma). ¹⁴ Inicio de la cristalización del núcleo interno y generación del campo magnético terrestre (~4000 Ma).	4000	
		Hadeico ^{15 16}	Mineral más antiguo conocido: un zircón de 4400 Ma. ¹⁷		
	Formación de la Luna a partir de material arrancado de la Tierra por el choque con Theia hace ~4533 Ma.				
Formación de la Tierra por acreción de planetesimales hace aproximadamente unos 4567 Ma.					