

TIEMPO GEOLÓGICO Y GEOLOGÍA HISTÓRICA

El tiempo en Geología

El tiempo es una magnitud física que permite ordenar una secuencia de sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro. La unidad en el SI es el segundo. Esta unidad es muy pequeña incluso para nuestras vidas y utilizamos minutos, días, años... Pero siguen siendo unidades poco útiles para hablar en términos geológicos. Los sucesos en Geología son extremadamente lentos, no perceptibles para el ojo humano, se puede llegar a pensar que el tiempo es **ilimitado**, pero lo que tenemos que hacer es cambiar de escala. Actualmente se utilizan en Geología el m.a. y el cron (10^6 m.a)

Cálculo de la edad de la tierra

Interpretación literal del génesis:

- 1642 John Lightfoot dedujo, a partir de la interpretación literal de la Biblia, que la creación ocurrió en el año 3929 AEC (antes de la era común).
- 1650 James Ussher estableció la fecha de la creación de la Tierra el 26 de octubre del 4004 a.C a las 9:00 de la mañana.
- 1690 Isaac Newton combinó las Sagradas Escrituras y la astronomía para afirmar que el mundo se creó en el año 3998 AEC.

La Geología como ciencia:

- 1778 J. L. Leclerc , a partir del gradiente geotérmico, calculó empíricamente una **edad de 75 000 años** con un experimento donde medía la velocidad de enfriamiento de una bola de metal.
- 1787 Abraham Werner demostró la ordenación temporal de las rocas y estableció el primer orden cronoestratigráfico.
- 1795 James Hutton desterró la idea de la intervención divina en las catástrofes que se producen en la Tierra. Sostuvo que en la Tierra los mismos procesos han funcionado durante muchísimo tiempo y hasta tal punto, que el tiempo tenía que ser casi ilimitado para poder explicarlos.
- 1821 Cuvier, concibió la historia geológica como una historia puntuada por revoluciones o catástrofes (Catastrofismo), así explicaba Cuvier los vacíos estratigráficos del registro fósil. De ahí que Cuvier abogara por solo **6.000 años** de antigüedad. Gracias a su principio de correlación fue capaz de reconstruir los esqueletos completos de animales fósiles.
- 1830 Charles Lyell calculó que la explosión de vida al comienzo del **Cámbrico** ocurrió hace **240 m. a.** Estableció los principios de Geología: **Uniformismo**, siguiendo las ideas de Hutton y **Actualismo**, considerando que el presente era la clave para interpretar el pasado.
- 1859 Charles Darwin calculó en 300 m. a. la edad de la de Tierra, influido por Lyell, pero generó tal rechazo que lo eliminó en la 3ª edición de El origen de las especies.
- 1860 John Phillips criticó los cálculos de Darwin y calculó en 100 m. a. la edad de la Tierra a partir de la tasa de acumulación en la cuenca del Ganges.
- 1963 William Thompson fue otro de los críticos de Darwin. Conociendo la conductividad térmica de la Tierra y la hipótesis del enfriamiento, calculó su edad en 98 m. a.
- 1879 Samuel Haughton , ajustando sus datos previos, calculó que transcurrieron 153 m. a. entre la formación del planeta y el comienzo del Paleógeno.

Descubrimiento de la radiactividad:

- 1899 Marie Curie descubrió que algunos átomos se transforman espontáneamente y emiten radiaciones que trans-portan energía: la radiactividad natural.
- 1904 Ernest Rutherford utilizó la radiactividad para calcular la edad de la Tierra: 700 m. a. Empleó el **método U-Pb** en una muestra de pechblenda.

Desarrollo de los métodos de datación radiométrica:

- 1947 Arthur Holmes puso a punto el método del U-Pb y calculó para la Tierra una edad de **4 500 m. a.**
- 1949 Willard Libby desarrolló el método de **datación del radiocarbono**.
- 1953 Clair Patterson dató varios meteoritos de hierro en 4 550 m. a. con un rango de error de ± 70 m. a., que se corresponden con el origen de nuestro planeta.

Métodos de datación y actualismo

Los métodos de datación son **relativa**, basada en los principios de Uniformismo, Actualismo, Superposición de estratos y Horizontalidad y **absoluta**, para lo que se utiliza métodos radiométricos.

Datación relativa

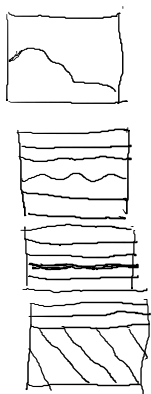
En Geología, a veces, se utiliza el tiempo relativo, es decir, se ordenan sucesos (por distintos estratos), sin conocer la edad exacta. **Nicolas Steno** (1638-1686) formuló por primera vez el concepto de estrato y estableció los principios de la **estratigrafía** (de horizontalidad y de superposición), que se emplean como datación relativa y son clave para establecer la sucesión temporal de los estratos.

Principios básicos de la estratigrafía

- Superposición de los estratos: En una sucesión de estratos, los más bajos son los más antiguos y los que están por encima los más modernos: todo estrato es más antiguo que el que tiene por encima.
- Horizontalidad original: Los sedimentos se acumulan en posición horizontal en las cuencas sedimentarias. Son los procesos tectónicos los que hacen que se inclinen.
- Sucesión faunística: En cada intervalo temporal, representado por un conjunto de estratos, los organismos que fosilizaron fueron diferentes y no sucesivos en el tiempo. Los estratos que tienen los mismos fósiles tienen la misma edad.
- Simultaneidad de eventos: En el planeta ocurren procesos súbitos cuya duración es muy corta, como por ejemplo, las erupciones volcánicas o la inversión de la polaridad magnética. Se denominan eventos y pueden quedar registrados en los estratos de casi todo el mundo.

Además de estos principios, se tienen en cuenta para la datación relativa de estratos:

- Las relaciones de corte: Relaciones espaciales entre distintos grupos de rocas. Ej: Un dique será más moderno que las rocas que atraviesa.
- Correlación y sincronismo: **Correlación estratigráfica**: Procedimiento por el que se establece la correspondencia temporal entre estratos separados. **Correlación espacial**: Dos o más estratos de distintos lugares y separados entre sí son del mismo tipo litológico, aunque no sean exactamente de la misma edad. **Correlación temporal**: Los estratos separados son contemporáneos (de la misma edad). **Sincronismo**: Cuando estos estratos se formaron al mismo tiempo, por un suceso que ocurre muy rápido. Son muy útiles los fósiles, sobre todo los **fósiles guía** que tienen las siguientes características:
 - Ser abundantes en el registro geológico.
 - Resultar fáciles de identificar.
 - Los taxones tener una duración corta a escala geológica.
 - Poseer una distribución geográfica amplia.
- Discontinuidades estratigráficas: es un lapso de tiempo que no está representado por sedimentos dentro de una sucesión estratigráfica.
- Discordancias son rupturas del registro geológico que se extienden a toda una cuenca sedimentaria y permiten delimitar grandes unidades cronoestratigráficas, que están separadas por procesos tectónicos o erosivos de gran envergadura
 - Inconformidad: Superficie de contacto entre dos conjuntos de rocas, cuando el superior está estratificado (roca sedimentaria) y se apoya sobre otro inferior formado por rocas ígneas o metamórficas (no estratificado).
 - Disconformidad: Superficie de discontinuidad erosiva, también denominada **paleorrelieve**, que separa dos sucesiones estratigráficas concordantes y paralelas, pero entre las que existe una superficie de erosión
 - Paraconformidad: Superficie de discontinuidad que separa dos sucesiones estratigráficas concordantes y paralelas, con un espacio de tiempo en el que no se produjo la sedimentación.
 - Discordancia angular: Superficie de discontinuidad erosiva que separa dos sucesiones estratigráficas que no tienen concordancia entre sí. Implica erosión y procesos tectónicos.



Datación absoluta

La datación radiométrica es la más habitual. Consiste en determinar la relación entre un isótopo radiactivo (padre) y el isótopo estable producto de su desintegración (hijo) en una muestra, sabiendo su periodo de semidesintegración podremos saber los años que han pasado. Ej: El periodo de semidesintegración del ^{238}U (padre) en ^{206}Pb (hijo) es de 4510 m.a. El del ^{14}C a ^{14}N es de 5730 años.

Otros métodos son:

- Las que se corresponden con el calendario: Dendrocronología (anillos de árboles), Varvocronología (sedimentos en lagos -varvas- que tienen lámina primavera-verano y de invierno con materiales más finos), capas de hielo anuales
- Luminescencia: Se aplica principalmente a las cerámicas. Durante su fabricación, el calentamiento en el horno liberó a todos los electrones de sus trampas cristalinas del cuarzo y feldespato. Durante el enterramiento, la radiación ambiental provocó la acumulación de los electrones en las trampas, de forma que el número de ellos – y por lo tanto la intensidad de emisión de luz durante un calentamiento – es función del tiempo de enterramiento.

Para reconstruir e interpretar los acontecimientos del pasado se utiliza el **Actualismo**, la aplicación de este método es muy útil en las reconstrucciones paleoambientales a través de indicadores paleoclimáticos de tipo paleontológico, geomorfológico, sedimentológico e isotópico:

- Indicadores **paleontológicos**: La distribución de algunas especies dependen del clima. Si se conoce la distribución de los fósiles se puede recrear el ambiente según los aparecidos en un estrato. Ej: En el Cenozoico las coníferas y algunas herbáceas indican clima frío, las cicadáceas y palmeras indican clima tropical. Algunas especies de foraminíferos (protocistas con concha de carbonato) son muy sensibles a la temperatura, profundidad, salinidad, nutrientes del agua...
- **Geomorfológico y sedimentológico**: Diversas estructuras de tipo sedimentario se emplean para reconstruir el ambiente pasado:
 - En ambientes semi-áridos con periodos de evaporación intensa: grietas de desecación.
 - En climas glaciares: valles en forma de U, circos, estrías glaciares
 - En las zonas continentales templadas y húmedas: las tobas.
 - Provocadas por corrientes: ripples, estratificación cruzada.
 - Biogénicas (icnofósiles): galerías, pistas.
- **Isotópicos**: Por la relación entre los isótopos pesados y ligeros se puede saber la temperatura del agua, atmósfera... los más conocidos son $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ y $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$. En épocas glaciares hay poca evaporación, con lo que el agua de mar se enriquece en el isótopo de oxígeno pesado y los casquetes polares en el ligero, sin embargo, cuando hay más evaporación la proporción de evaporación del pesado es mayor, ocurriendo lo contrario.

Unidades geocronológicas y cronoestratigráficas. La tabla del tiempo geológico

Unidades cronoestratigráficas: Conjunto de litologías que se han generado durante un tiempo determinado. En las zonas en que se delimitan bien Comisión Internacional de Estratigrafía (CIS), decide cuál es la mejor sección del planeta para marcar los límites de las unidades cronoestratigráficas (**estratotipo**) y pone en su parte inferior un disco dorado. Se establecen según características y eventos paleobiológicos y geológicos reales, registrados en las rocas, como los cambios de los grupos de organismos predominantes, extinciones masivas, cambios climáticos, geoquímicos o inversiones del campo magnético terrestre.

Unidades geocronológicas: Cada una de las unidades de tiempo geológico correspondiente a las unidades cronoestratigráficas.

Unidades cronoestratigráficas	Unidades geocronológicas
Eonotema	Eón
Eratema	Era
Sistema	Período
Serie	Época
Piso	Edad

La Tabla del tiempo: unidades cronoestratigráficas (del GEOMINERO). En PDF aparte unidades geocronológicas

Eonotema Fanerozoico

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD(m.a.)	ORIGEN DEL TÉRMINO	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	0,01	Del griego <i>holos</i> (entero, todo) y <i>kainos</i> (actual, reciente). Gervais, 1867.	
		PLEISTOCENO	SUP.	Pleistoceno procede del griego <i>pleistos</i> (el más que) y <i>kainos</i> (actual, reciente): el más reciente. Fue definido por Lyell en 1839.	
			MEDIO		
	INF.				
	NEÓGENO	PLIOCENO	SUP.	1,8	Del griego <i>pleios</i> (más) y <i>kainos</i> (actual, reciente). Lyell (1833)
			INF.		
		MIOCENO	SUP.	23	Mioceno procede del griego <i>meios</i> (menos) y <i>kainos</i> (actual, reciente): el menos reciente. Fue definido por Lyell en 1833.
			MEDIO		
			INF.		
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	23	Del griego <i>oligo</i> (poco) y <i>kainos</i> (actual, reciente).	
EOCENO		Eoceno procede del griego <i>eos</i> (alba) y <i>kainos</i> (actual, reciente). Fue definido por Lyell en 1833.			
PALEOCENO		65		Del griego <i>palaios</i> (antiguo) y Eoceno. Schimper (1874)	
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	135	Cretácico procede del latín <i>creta</i> , término referido a una caliza porosa muy carbonatada. Fue definido por Omalius d'Halloy en 1822.	
		INFERIOR			
	JURÁSICO	SUPERIOR	205	Jurásico procede de las montañas franco-suizas del Jura. Fue definido por Brongniart en 1830.	
		MEDIO			
		INFERIOR			
	TRIÁSICO	SUPERIOR	250	Triásico procede de las tres divisiones del <i>Trias</i> germánico (Keuper, Muschelkalk y Buntsandstein). Fue definido por Alberti en 1834.	
		MEDIO			
		INFERIOR			
	PÉRMICO	SUPERIOR	300	Pérmico procede de Perm, Rusia. Fue definido por Murchison en 1841.	
INFERIOR					
CARBONÍFERO	ESTEFANIENSE	360	Carbonífero procede del latín <i>carbo</i> , <i>-onis</i> (carbón) y <i>ferre</i> (llevar): es decir, portador de carbón. Fue definido por Conybeare en 1822.		
	WESTFALIENSE				
	NAMURIENSE				
	VISEENSE				
	TOURNAISIENSE				
DEVÓNICO	SUPERIOR	410	Devónico procede de Devonshire, Inglaterra. Fue definido por Sedgwick & Murchison en 1839.		
	MEDIO				
	INFERIOR				
SILÚRICO	PRÍDOLI	435	Silúrico procede del pueblo de los <i>siluros</i> , antiguos habitantes del País de Gales. Fue definido por Murchison en 1835.		
	LUDLOW				
	WENLOCK				
	LLANDOVERI				
ORDOVÍCICO	ASHGILL	500	Ordovícico procede del antiguo pueblo de los <i>ordovicios</i> , habitantes del País de Gales. Fue definido por Lapworth en 1879.		
	CARADOC				
	LLANDEILO-LLANVIRN				
	ARENIG				
	TREMADOC				
CÁMBRICO	SUPERIOR	540	Cámbrico procede de <i>Cambria</i> , nombre latino del País de Gales. Este Sistema fue definido por Sedgwick en 1835.		
	MEDIO				
	INFERIOR				

Eonotema Proterozoico

Eonotema Arcaico

Eonotema Hádico: No se suele considerar como eonotema porque apenas hay representación de rocas, si eón.

Cambios biológicos, geológicos y climáticos que han ocurrido en las eras geológicas:

- **Hádico** (4600-4000 m.a.):
 - Es el periodo de formación, enfriamiento y consolidación de la Tierra, apareció la primitiva corteza terrestre.
 - La atmósfera estaba compuesta por CO₂, vapor de agua y los elementos químicos de las rocas primitivas vaporizadas.
 - Se forma la Luna.
- **Arcaico** (4000-2500 m.a.):
 - Atmósfera con metano, amoníaco, vapor de agua (de los volcanes) y empieza a enriquecerse en oxígeno por la aparición de las **cianobacterias** (1-2% del nivel actual).
 - Los **estromatolitos** se remontan a unos 3500 m.a.
 - Son típicas las masas sedimentarias denominadas **Formaciones de Hierro Bandeado**.
 - Inicio de la Tectónica de Placas
- **Proterozoico** (2500-545 m.a.):
 - Hace unos 1100 m.a. los continentes se reunieron en un supercontinente: **Rodinia**, que se volvió a fragmentar y de nuevo formar otro: **Pannotia**. Éste, a su vez empezó a dividirse al final del eón.
 - Hubo glaciaciones. Al final del Proterozoico, el hielo cubrió toda la Tierra por lo que se denominó **bola de hielo** (snowball earth) .
 - Aparecen las células eucariotas en torno a los 1800 m.a., se van diversificando y apareciendo organismos pluricelulares por el aumento de concentración de oxígeno en la atmósfera, que hizo posible la formación de la capa de **ozono**. En torno a los 670 m.a y final de este eón hubo una explosión de vida: la fauna de **Ediácara** (yacimientos de Australia donde se encontraron los primeros fósiles de invertebrados sin esqueleto).
- **Fanerozoico** (545- 0 m.a)
 - **Paleozoico** (545-250):
 - **Cámbrico:**
 - Continúa la separación de continentes: **Gondwana** hacia el sur y, otros tres más pequeños: **Laurentia**, **Siberia** y **Báltica** hacia el norte.
 - Gran explosión de vida (por lo menos de aquellos que tienen cubiertas que fosilizan mejor). Se diversifican animales invertebrados: poríferos, corales, (Arqueociatos), artrópodos (**Trilobites**), aparecen los cordados, los **Ostracodermos** son los primeros peces sin mandíbulas.
 - La atmósfera alcanza un 10% de oxígeno
 - **Ordovícico:**
 - Sigue aumentando la fauna marina. Los **Graptolites** (Hemicordados) empiezan a diversificarse.
 - Al final gran extinción, posiblemente por glaciación que provocó descenso del mar.
 - **Silúrico:**
 - Orogenia **Caledoniana**
 - Las plantas colonizan el **medio terrestre** y aparecen los **insectos**.
 - **Devónico:**
 - Comienza la orogenia **Varisca**.
 - Aparecen los **Placodermos** (peces con mandíbulas, fuertemente acorazados). Surgen los **anfibios** y las **plantas con semillas**
 - Al final otra gran extinción
 - **Carbonífero:**
 - Sigue orogenia varisca. Pangea
 - Subió bastante la concentración de oxígeno.
 - Grandes bosques, sobre todo de plantas sin semillas: *Calamites*, *Lepidodendron*.
 - Diversificación de anfibios y aparición de **reptiles**. Insectos gigantes

- **Pérmico**
 - Finaliza orogenia varisca
 - Pangea. Clima árido y extremo. Retroceden los últimos restos de glaciares. Intensa actividad volcánica, que libera CO₂.
 - Dominio de los reptiles y extensión de gimnospermas.
 - Extinción masiva: Desaparecen 90% de especies marinas, como ciertos corales, Briozoos y Braquiópodos, los Trilobites y Graptolites (fósiles guía del Paleozoico)
- **Mesozoico** ((250-65)
 - **Triásico:**
 - Comienza la fragmentación de Pangea. Potentes depósitos de **evaporitas** en las costas por elevadas precipitaciones y temperaturas: mucha evaporación .
 - Clima cálido
 - Desarrollo de reptiles: **cocodrilos** y **dinosaurios**. Primeros **mamíferos**
 - Extinción
 - **Jurásico:**
 - Comienza a formarse el Atlántico. Antártida y Australia se separan de África
 - Clima cálido.
 - Dominan bosques de gimnospermas. Se diversifican los dinosaurios, ictiosaurios, pleisosaurios y pterosaurios. Aparecen las aves. Entre los invertebrados, los más importantes fueron los **Ammonites** y **Belemnites**, además de algunos grupos de Equinoideos y protocistas como Foraminíferos.
 - **Cretácico:**
 - El Atlántico se abre completamente.
 - Aparecen las **Angiospermas**. Océanos con importante cantidad de microplancton, origen del petróleo.
 - Gran extinción
- **Cenozoico** (65-0)
 - **Paleógeno:**
 - Comienzo de la Orogenia **Alpina**. Se forma el Himalaya
 - Clima cálido
 - Los mamíferos se diversifican ocupan los nichos ecológicos dejados por los dinosaurios. Aparecen los primates. Algunos foraminíferos cobran gran importancia como los **Nummulites**.
 - **Neógeno:**
 - Sigue la Orogenia Alpina. Se forman los Andes
 - Enfriamiento progresivo, se van formando los casquetes polares.
 - Aparecen los **Homínidos**: *Ardipithecus ramidus* (parece que bípedo, cerebro y cara pequeños), *Australopithecus* (bípedo, no fabrica herramientas).
 - **Cuaternario:**
 - Los continentes tienen la distribución actual.
 - Varias **glaciaciones** con períodos interglaciares. En las épocas de más acumulación de hielo el nivel del mar desciende, lo que afecta al nivel de base de los ríos, por lo que la erosión producida por los ríos es mayor.
 - Aparición del género **Homo**: *H. habilis* (fabrica herramientas, pero no las conserva, parece que lenguaje rudimentario, cazador), *H. erectus* (cerebro mayor, conserva herramientas y fuego), *H.sapiens neanderthalensis* (robustos, cuidan de los enfermos, realizaban ofrendas rituales y desarrollaron cierta capacidad artística, mayor capacidad en la articulación del lenguaje), *H.sapiens sapiens* (hombre actual)

