

**La Inmensidad del tiempo: Historia de
la Tierra y métodos de datación.**



TEMA 4- LA INMENSIDAD DEL TIEMPO: HISTORIA DE LA TIERRA Y MÉTODOS DE DATACIÓN.

1- La edad de la Tierra.

Hoy, se acepta que la edad de la Tierra se sitúa en unos 4600 millones de años. Pero esta percepción de lo dilatado del tiempo geológico, no siempre ha estado presente. A lo largo de la historia de la Ciencia, ha habido numerosos intentos de aproximarse, y no siempre con resultados satisfactorios.



Hasta finales del Siglo XVIII, se aceptaba el cálculo del arzobispo Ussher quien, interpretando la Biblia, afirmaba que la Tierra había sido creada el año 4004 antes de Cristo (concretamente el 25 de octubre a las nueve de la mañana)



Hacia 1760, Buffon, afirmó que la Tierra debería tener una edad de 75000 años, basándose en la evidencia del calor interno, y calculando el índice de enfriamiento, partiendo de una supuesta masa fundida preexistente. (El cálculo era erróneo porque no se sabía que la mayor parte del calor de la Tierra, proviene de la desintegración de isótopos radiactivos).

A principios del Siglo XIX, se utilizó el procedimiento de la salinidad del mar. Se partía de la base de que los océanos estaban constituidos al principio por agua dulce. Midiendo el total de sales que aportan los ríos al mar, y midiendo la salinidad actual del agua marina, se obtenía una edad de unos 5 millones de años. (El error radica en que la salinidad no aumenta indefinidamente, ya que cuando se sobrepasa una cierta cantidad de iones disueltos (Kps), éstos precipitan en forma de cristales, formando estratos de yesos, carbonatos, etc).



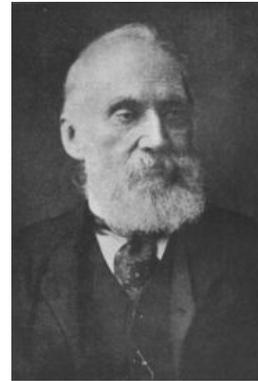
A mediados del siglo XIX, comenzaron las controversias entre los geólogos liderados por Lyell, que pensaba que la tierra era "infinitamente antigua", y los físicos liderados por Lord Kelvin, que se oponía a la idea de un planeta tan antiguo.

Charles Lyell, autor de la obra "Principles of Geology", insiste en la necesidad de una gran disponibilidad de tiempo para que puedan ocurrir los fenómenos de

erosión y sedimentación, que él había observado. Calculando lo que se sedimenta anualmente en un delta, con el espesor de los estratos del Weald, en Escocia, estimó que se necesitaban unos 300 millones de años para completar semejante registro estratigráfico. Extrapolando estos datos a todas las series estratigráficas conocidas, se obtenía una edad de unos 2000 millones de años, cálculo bastante aproximado, teniendo en cuenta que entonces, no se habían descubierto las rocas pertenecientes al Precámbrico inferior. Esta antigüedad, resultó ser muy atractiva para la naciente Biología evolutiva. El propio Darwin, postulaba que para que las especies evolucionasen, se necesitaban largos periodos de tiempo.

Lord Kelvin por su parte, calculaba una edad máxima de 40 millones de años, basándose en el calor de la Tierra. La comunidad científica, tuvo que elegir entre los cálculos de un físico y los de un geólogo. Por desgracia y durante casi 100 años, se eligió al primero.

En 1896, Becquerel descubrió el fenómeno de la radiactividad, pero la importancia que para la Geología tenía este descubrimiento, no fue reconocida hasta 1903, cuando Pierre y Marie Curie descubrieron que las sales de radio liberan constantemente calor, y por extensión, todos los elementos radiactivos. Se había descubierto la fuente que mantenía caliente el interior de la Tierra.



En 1904, Rutherford aseguró que la Tierra no podía ser considerada como un cuerpo que se enfriaba, ya que la desintegración de radioisótopos liberaba dentro de ella enormes cantidades de energía.

En 1931 geólogos y físicos afirmaban ya que la edad de la Tierra se situaba entre los 1600 y los 3000 millones de años. Hoy día, la edad estimada es de 4600 millones de años, y aunque es probable que haya nuevas revisiones, con toda seguridad serán pequeñas. La edad de la Tierra, ya no es objeto de controversias.

2- MÉTODOS DE DATACIÓN.

Los geólogos están acostumbrados a trabajar con escalas de tiempo y espacio muy diversas. Del mismo modo que puede ser objeto de estudio un mineral que mida pocas micras, y a la vez un planeta, que mide miles de kilómetros de diámetro, las dimensiones temporales usuales se extienden desde episodios de corta duración (terremotos, impactos meteoríticos), hasta sucesos que transcurren a lo largo de decenas/centenas de años (formación de un meandro, o un abanico aluvial), miles de años (cambios climáticos, formación de un delta), millones de años (movimiento de una placa litosférica), e incluso miles de millones de años (formación de la atmósfera o de la corteza, etc)

Para poder datar cualquier suceso, es necesario recurrir a distintos métodos,

y con ellos, establecer un cómputo sincronizado, a modo de calendario. Los métodos de datación, pueden agruparse en dos categorías: datación absoluta y datación relativa.

2.1-Métodos de datación relativa.

Datar relativamente varios sucesos, consiste en ordenarlos temporalmente, es decir, indicar cuál sucedió antes y cuál después, independientemente de su edad. Para ello se suele recurrir al **Principio de superposición de estratos** de Steno: "toda capa sedimentaria es más moderna que la que tiene por debajo, y más antigua que la que tiene encima", y por extensión al **principio de superposición de fenómenos**: "todo suceso es posterior al que afecta y anterior a los que le afectan".

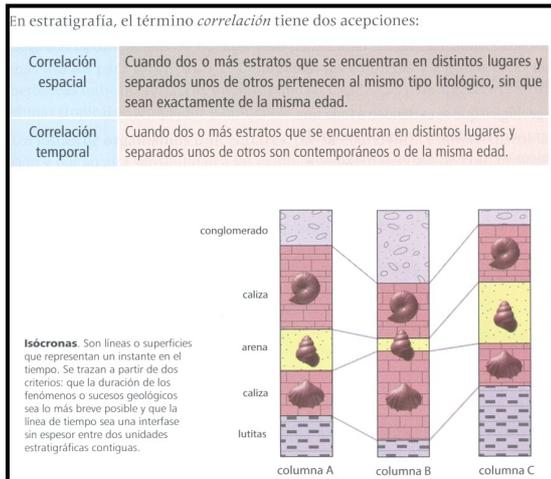


Oxyntoceras (Jurassic) 13cm diameter

Los fósiles, son también una herramienta importante en la datación relativa. Existen especies, que no han evolucionado desde su aparición, por lo que un fósil de dicha especie, no sirve para datar un estrato. Pero también han existido especies, que han habitado la Tierra durante muy poco tiempo (ammonites, trilobites, graptolitos, etc) por lo que sus fósiles estarán presentes en estratos de una edad muy concreta. Si además, esta especie era cosmopolita (habitaba en ambientes muy diversos), constituirá una autentica "etiqueta" del estrato donde se encuentre. Son los **fósiles guía** o **fósiles característicos**.

Gracias a los fósiles guía, se pueden ordenar temporalmente estratos sedimentarios y otros sucesos que se encuentran alejados y, por tanto, no hay relación geométrica entre ellos.

Los fósiles, son también una herramienta importante en la datación relativa. Existen especies, que no han evolucionado desde su aparición, por lo que un fósil de dicha especie, no sirve para datar un estrato. Pero también han existido especies, que han habitado la Tierra durante muy poco tiempo (ammonites, trilobites, graptolitos, etc) por lo que sus fósiles estarán presentes en estratos de una edad muy



2.2- Estructuras sedimentarias (criterios de polaridad de los estratos)

A la hora de intentar realizar la datación relativa de un afloramiento geológico, podemos encontrarnos con que los estratos estén verticales o incluso invertidos, por lo que es difícil aplicar el principio de superposición. Afortunadamente, muchas veces los estratos contienen estructuras sedimentarias que nos indican con toda claridad cuál es la base y cuál el techo de la capa.

Las estructuras sedimentarias son las características geométricas del estrato a escala macroscópicas. Algunas de ellas afectan a todo el estrato, otras sólo afectan a la superficie del mismo.

Hay estructuras sedimentarias producidas durante la compactación del sedimento (secundarias) y otras producidas durante la propia sedimentación (primarias) Son estas últimas las más interesantes ya que indican cuál es la base del estrato.

-Estructuras mecánicas:

2.3. Criterios de polaridad

Para ordenar una serie de estratos que mantenga la horizontalidad original basta con utilizar el principio de superposición. Sin embargo, en muchas ocasiones los estratos se encuentran verticales e incluso **invertidos**, es decir, con el techo situado por debajo del muro. En estos casos se utilizan los **criterios de polaridad** o **criterios de techo-muro**, que son un conjunto de estructuras sedimentarias que permiten orientar los estratos:

- Las **grietas de desecación** se forman al secarse sedimentos arcillosos. Están muy abiertas en superficie y se cierran en profundidad. En un corte, las grietas tendrán forma de V cuyo vértice apuntará hacia el muro del estrato.
- Las **rizaduras** formadas por el oleaje o por el viento presentan crestas más agudas hacia el techo que hacia el muro. Generalmente, las rizaduras originadas en el sedimento, como las grietas de desecación, desaparecen. Pero, a veces permanecen en la roca.
- La **laminación cruzada** puede originarse en depósitos de arenas que han sido transportadas por el viento. En ella las láminas presentan una inclinación más suave hacia el muro.
- La **granoselección**, o **estratificación gradada**, se forma al depositarse materiales de distinto tamaño que eran transportados por una corriente de agua. Los materiales más gruesos se situarán hacia el muro y los finos hacia el techo.

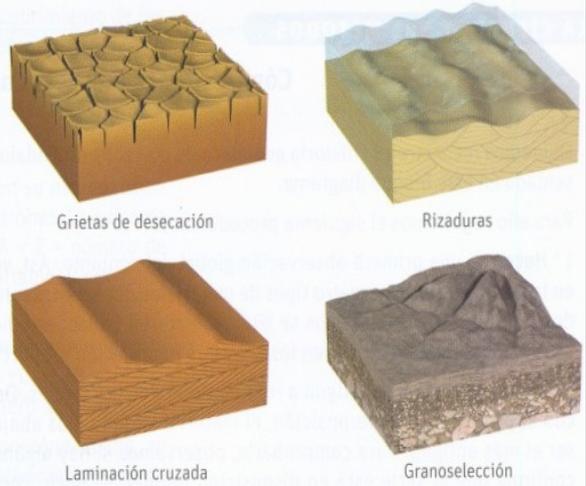


Figura 12.7. Los criterios de polaridad permiten saber si los estratos se encuentran en disposición normal o invertida.

-Estructuras biológicas:

Son estructuras formadas por la actividad de organismos dentro o por encima de un sedimento no consolidado. se clasifican en:

1.1.- Pistas o Trail: son estructuras continuas de desplazamientos, tienden a ser superficiales o subsuperficiales.



1.2.- Pisadas, Huellas o Tracks: son impresiones dejadas en el sedimento por un organismo en actividad de locomoción, ya sea vertebrado o invertebrado.

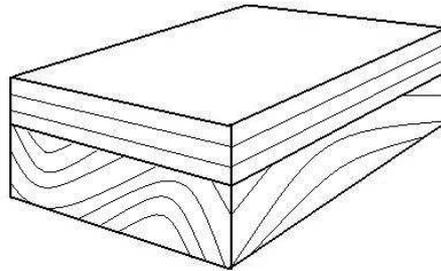


2.3- Discontinuidades estratigráficas.

La sedimentación no es, ni mucho menos, un proceso continuo. A pesar de que las rocas sedimentarias son las páginas del libro donde se puede leer la historia de la Tierra, la información guardada en los estratos presenta interrupciones. La propia superficie de estratificación puede indicar un periodo de tiempo en el que la sedimentación quedó detenida.

Sin embargo, cuando el periodo de tiempo del que no se ha conservado roca sedimentaria es considerable, hablamos de discontinuidades estratigráficas.

Las discontinuidades estratigráficas son cicatrices erosivas causadas por una interrupción de la sedimentación durante un periodo de tiempo considerable. La interrupción puede estar además acompañada por erosión previa a una nueva etapa sedimentaria, que se deposita sobre la cicatriz. El tipo más importante de discontinuidad estratigráfica es la **discordancia angular finierosiva**.



DISCORDANCIA ANGULAR FINIEROSIVA

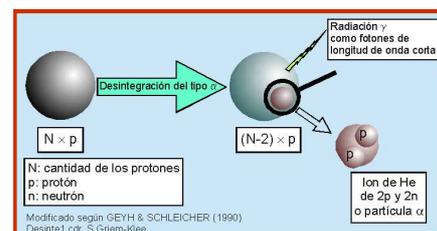
Las discordancias angulares constituyen herramientas valiosas en la cronoestratigrafía porque permiten dividir el registro sedimentario en “rodajas” de sedimentación comprendidas entre distintas etapas tectónicas.

Los métodos de datación relativa son cómodos y baratos, pero sólo sirven para aquellas rocas que presentes fósiles, o que conserven las superficies de estratificación.

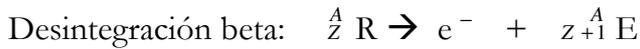
2.4- MÉTODOS DE DATACIÓN ABSOLUTA

Datar de manera absoluta un suceso, consiste en asignarle una edad concreta, más o menos aproximada. Aparte de algunos de corto alcance (anillos de los árboles, varvas glaciares, capas de hielo) y de la magnetoestratigrafía, los más usados son los métodos radiométricos.

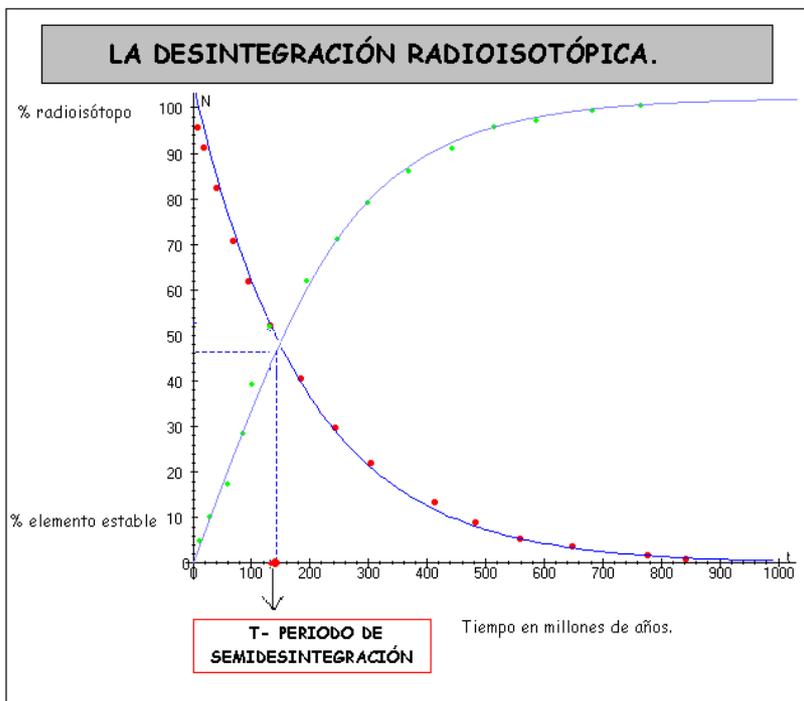
La radiactividad es consecuencia de las variaciones en el número de protones y neutrones en los núcleos de algunos elementos inestables (radioisótopos). Con el tiempo, los elementos inestables, emiten partículas alfa (núcleos de



helio), beta (electrones del núcleo), y gamma (fotones), transformándose en elementos estables, más ligeros.



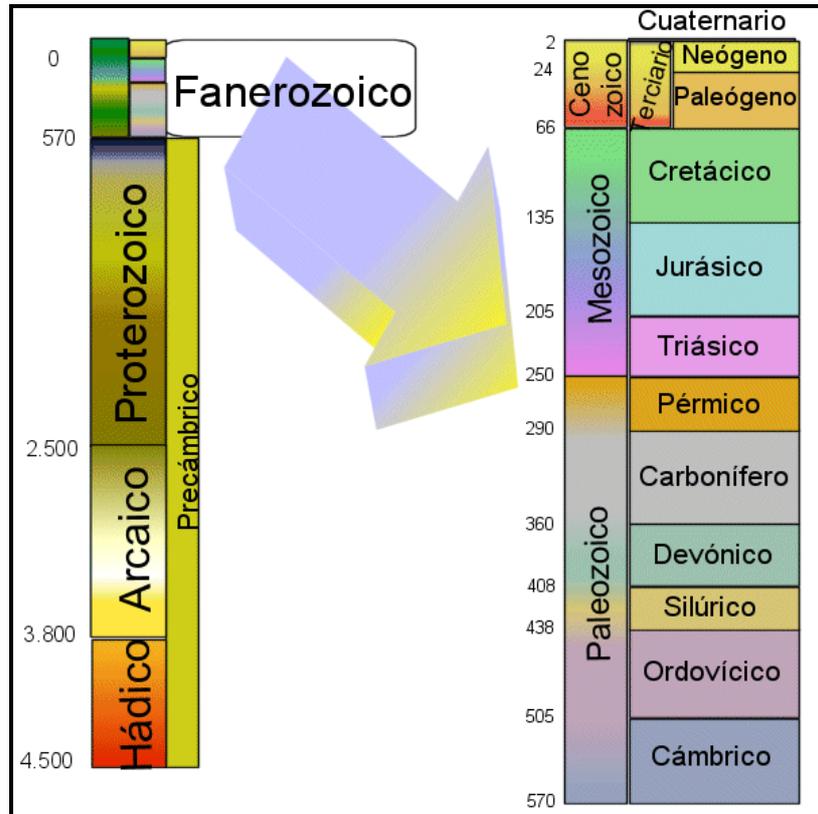
Cada radioisótopo se desintegra completamente en un tiempo fijo que no depende de ninguna variable física (presión, temperatura, magnetismo, etc). De esta manera, midiendo en un mineral la proporción de elemento radiactivo, y de su correspondiente elemento estable (y conociendo su periodo de desintegración), se puede conocer la edad absoluta del mineral, y por consiguiente de la roca donde se encuentra.



Los métodos radioisotópicos son muy fiables, pero son caros y sólo sirven para rocas magmáticas.

Tritio $\rightarrow {}^3_1 H$	$T = 12,3$ años	${}^{238}_{92} U \rightarrow {}^{206}_{82} Pb$	$T = 4510$ m. a.
${}^{39}_{18} Ar \rightarrow {}^{39}_{19} K$	$T = 269$ años	${}^{232}_{90} Th \rightarrow {}^{208}_{82} Pb$	$T = 13900$ m.a.
${}^{14}_6 C \rightarrow {}^{14}_7 N$	$T = 5730$ años	${}^{187}_{75} Re \rightarrow {}^{187}_{76} Os$	$T = 43000$ m. a.
${}^{10}_4 Be \rightarrow {}^{10}_5 B$	$T = 1,5$ m.a.	${}^{87}_{37} Rb \rightarrow {}^{87}_{38} Sr$	$T = 46000$ m. a.
${}^{235}_{92} U \rightarrow {}^{207}_{82} Pb$	$T = 713$ m.a.		

3. ESCALA ESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL.



CALENDARIO GEOLÓGICO

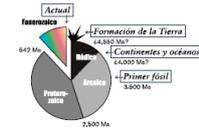
(con los colores de la tabla cronoestratigráfica)

HÁDICO							ARCAICO																				
ENERO							FEBRERO							MARZO							ABRIL						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	29	30	31	29	30	31	29	30																	
ARCAICO							PROTEROZOICO																				
MAYO							JUNIO							JULIO							AGOSTO						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	29	30	29	30	31	29	30	31																	
PROTEROZOICO							FANEROZOICO																				
SEPTIEMBRE							OCTUBRE							NOVIEMBRE							DICIEMBRE						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	29	30	31	29	30	29	30	29	30	31																



el tiempo geológico

Tabla cronoestratigráfica



EÓN	ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	Millones de años	EVENTOS				
FANEROZOICO	CUATERNARIO		Holoceno	Actual	0	Hombre moderno ← 35.000 años				
			Pleistoceno	Superior Medio Inferior	0,01 1,8		ÚLTIMA GLACIACIÓN Finaliza 10.000 Ma Máximo 18.200 Ma Comienza 75.000 Ma			
	NEÓGENO	Terciario		Plioceno	Gelasense Piacenzense Zancayense Messiniense Tortonense	5,3	Hominoides ← En África oriental camina erguido el primer homínido, el australopithecus. Era vegetariano. 4 Ma			
				MIOCENO	Burdigallense Aquitaniense Chattienense Rupelienense	23		Aves del terror ← Aves que llegaron a superar los 2 m de altura y dominaron la Tierra durante el Eoceno - Mioceno. Sobrevivieron hasta hace 2 Ma en América		
					OLIGOCENO	Priabonense Bartoniense Lutociense Ypresense			34	
				PALEÓGENO				Thanetiense Selandiense Danienense	56	Primates ← Un trepador de árboles, parecido a un lemur, inicia la filogenia del mono y el hombre. 60 Ma
					Masstrichtiense Campaniense Santonense Coniacense Turonense Cenomaniense			65,5	Desaparecen los dinosaurios ← Se extinguen grupos completos de animales terrestres y marinos, como los dinosaurios y los ammonites. 65,5 Ma	
		CRETÁCICO	Superior		Albionense Barremiense Hauteriviense Walsanghiense Berriasiense	99,5	Praderas y flores ← La aparición de las angiospermas cambia el paisaje, desde entonces muy parecido al actual, con praderas y bosques que pierden sus hojas en otoño. 96 Ma			
					Inferior	Tithoniense Kimmeridgiense Oxfordiense Callovienense		145,5		
						Bathoniense Bajoceniense Baleniense		161		
					Medio			Toarciense Pliensbachiense Sinemuriense Hettangiense	175,5	Señores del aire ← Los primeros pájaros anuncian la alta tecnología de vuelo: plumas, huesos especializados y aligerados. 150 Ma
								Retiense Noriense Carriense	199,5	
	Ladiniense Anisiense Olenekiense Induanense		228							
	Inferior			Changhsingiense Wuchiapingiense Guanalupienense Wardense Roadiense	245	Los mamíferos ← Un pequeño carnívoro, parecido a la musaraña actual, patriarca de los mamíferos. 220 Ma				
				Kunguriense Artinskienense Sakmarienense Asselienense Cabeiriense	251					
				Kasimoviense Moscovienense Bashkiriense Serpukhoviense Visoiense	251					
				Famoniense Frasnienense Givetienense Eifelense Emsiense Praguiense Lochkoviense	260,5					
		Tournaisiense		270,5						
	MESOZOICO	TRIÁSICO		Lopingiense	299	Señores de la Tierra ← Los dinosaurios van a dominar el planeta. 225 Ma				
				Guadalupienense	251					
				Wardense	251					
				Roadiense	251					
				Kunguriense	251					
		PÉRMICO		Cisuraliense	251	La gran extinción ← Todavía no se ha recuperado la biodiversidad de entonces. 251 Ma				
				Artinskienense	251					
				Sakmarienense	251					
Asselienense				251						
Cabeiriense				251						
PALEOZOICO	CARBÓNIFERO		Pennsylvaniense	251	Sinapsidos ← Reptiles mamíferos que dominaron la Tierra durante el Pérmico, hasta la gran extinción					
			Misisipiense	251						
			Wardense	251						
			Roadiense	251						
			Kunguriense	251						
	DEVÓNICO		Frasnienense	251	El primer bosque ← Grandes helechos forman verdaderos bosques en los continentes. 350 Ma					
			Givetienense	251						
			Eifelense	251						
			Emsiense	251						
			Praguiense	251						
ARCAICO	SILURIANO		Pridoli	251	Conquista de la tierra ← Los anfibios salen del agua y pisan por primera vez la tierra firme. 359 Ma					
			Ludlow	251						
			Wenlock	251						
			Homeriense	251						
			Sheinwoodiense	251						
	ORDOVICIANO		Llandovery	251	Plantas e insectos terrestres ← Helechos y escorpiones primitivos preparan la vida fuera del agua. 416 Ma					
			Aeroniense	251						
			Rhuddeniense	251						
			Kirivudeniense	251						
			Beruniense	251						
CÁMBRICO		Superior	251	Primera extinción global ← Una corta pero intensa glaciación desencadena la primera de las cinco grandes extinciones animales. 444 Ma						
		Medio	251							
		Inferior	251							
		Furongiense	251							
		Pailiense	251							
NEOARCAICO	MESOARCAICO		Ediacárica	251	Los animales se acorazan ← La aparición de conchas y corazas defensivas permite una mejor fosilización de los animales. 542 Ma					
			Cryogeniense	251						
			Tónico	251						
			Estónico	251						
			Ectárico	251						
	PALEOARCAICO		Calymniense	251	Los animales se mueven ← El cuerpo de los animales se articula para desplazarse. 600 Ma					
			Estárico	251						
			Irasfírico	251						
			Rhyárico	251						
			Stidérico	251						
EOARCAICO		Snowball I	251	La célula eucariota ← Se desarrollan las primeras células con verdadero núcleo con cromosomas. 2.300 Ma						
		Snowball II	251							
		Snowball III	251							
		Snowball IV	251							
		Snowball V	251							
HÁDICO		Snowball VI	251	Primer fósil ← Unos microbios arcaicos forman concreciones llamadas estromatolitos. 3.500 Ma						
		Snowball VII	251							
		Snowball VIII	251							
		Snowball IX	251							
		Snowball X	251							

[NP: Neoproterozoico, MP: Mesoproterozoico, PP: Paleoproterozoico]

🔴 : Grandes extinciones biológicas

Realización: Bernard Delchery, 2005