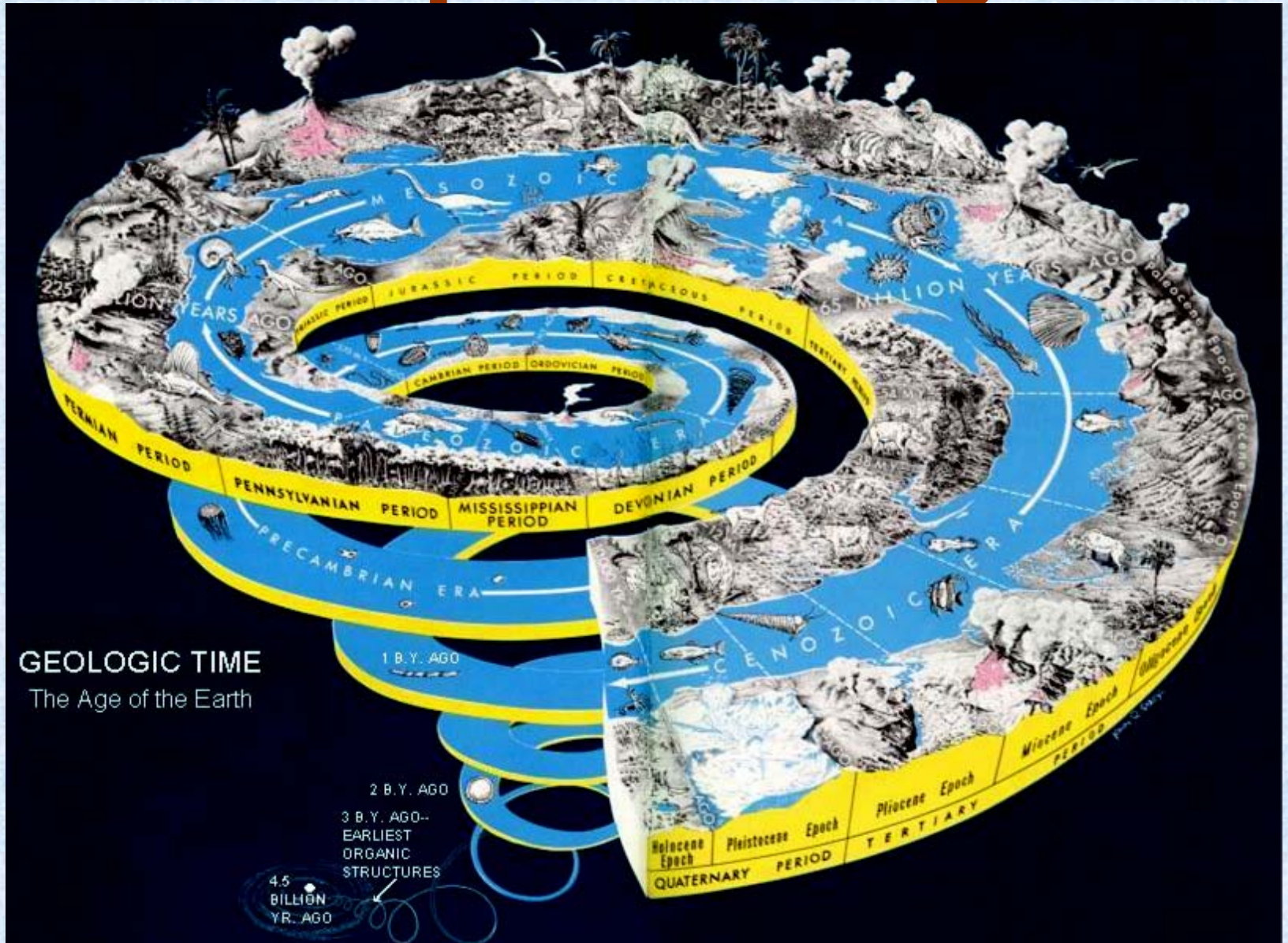


Tiempo Geológico



La escala del tiempo geológico

OBJETIVO

Conocer el significado y uso del tiempo geológico, así como la forma de determinar la edad de eventos geológicos.



IMPORTANCIA DEL TIEMPO GEOLÓGICO

La importancia de la Escala del Tiempo Geológico radica principalmente como información necesaria para saber el proceso evolutivo y los acontecimientos de la forma en que se **desenvuelve la corteza terrestre**.

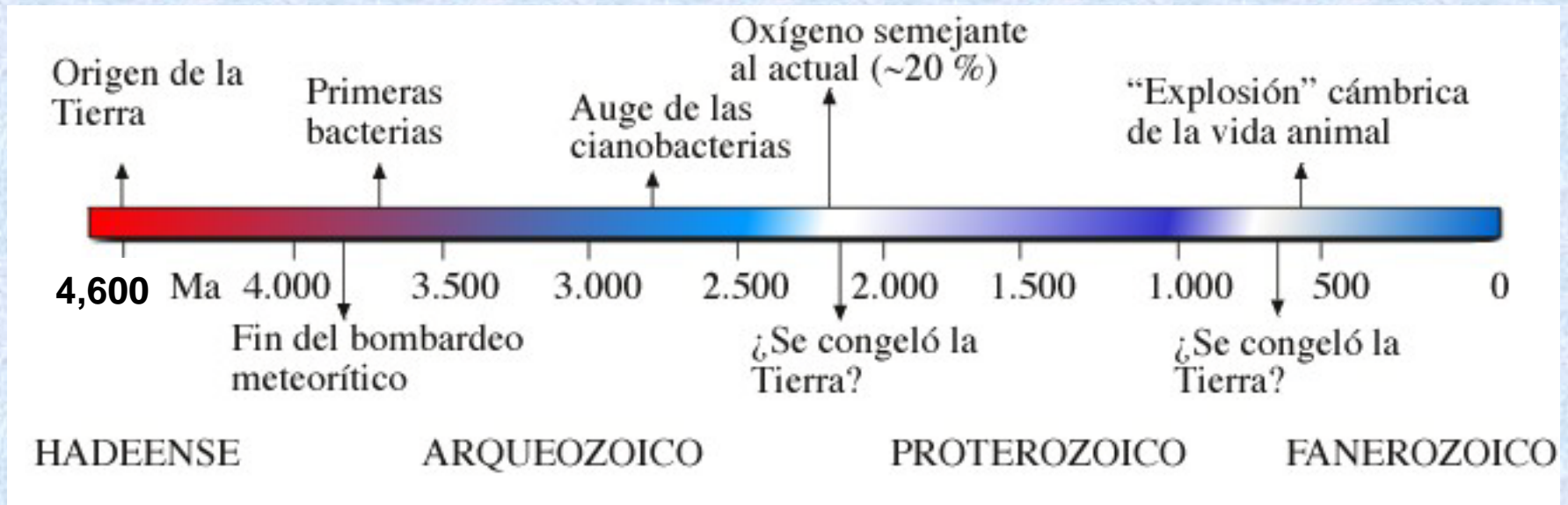
Eventos desde muy cortos hasta de millones de años.

Tipo de eventos	Duración
Impactos de cometas o meteoritos	Segundos
Grandes terremotos	Segundos
Tormentas y tsumanis	Minutos
Inundaciones muy catastróficas	Días
Erupciones de un volcán	Días
Cambios químicos y oceanográficos (tipo del Niño)	Días
Cambios climáticos globales	Miles de años
Cambios de polaridad magnética	Miles de años
Eventos biológicos (extinciones masivas)	Miles de años

El tiempo distingue a la Geología de otras ciencias, pues la comprensión de la inmensidad del tiempo geológico es fundamental para entender la historia del planeta.

Muchos procesos geológicos ocurren tan lentamente, que los instrumentos que usamos los humanos cotidianamente para medir el tiempo (relojes, calendarios, etc.) no son apropiados.

Por esta razón los geólogos han ido desarrollando una **escala de tiempo basada en eventos geológicos globales**, que se utiliza como marco de referencia temporal en la geología.



Tiempo Geológico



- 4 600 M.a.
- La Tierra y el resto de los planetas del Sistema Solar se encuentran en formación
- Inicia el Precámbrico

Tiempo Geológico



- 3 750 M.a. (Precámbrico)
- Rocas más antiguas conocidas
- Primera evidencia de vida: células sencillas, procarionte (Bacterias y cianofitas)

Tiempo Geológico



- 3 000 M.a. (Precámbrico)
 - Primeros organismos fotosintéticos
 - La vida se concentra en el mar
 - Incremento de $[O_2]$ en la atmósfera
-
- Las formas de vida orgánica más antiguas tiene una edad aproximada de 3.1 a 3.3 mil millones de años.
 - Se supone que hace cerca de 2 mil millones años la producción fotosintética de materia orgánica ya estaba establecida a nivel mundial y esta época sirve como nivel de referencia.

Tiempo Geológico



- 2 250 M.a. (Precámbrico)
- Primeros organismos multicelulares
- Primeros eucariontes:
Organismos complejos
(plantas y animales)

Tiempo Geológico

- 1 500 M.a. (Precámbrico)



- Radiación de organismos fotosintéticos

- Oxígeno libre (O_2)



capa de ozono (O_3)

Tiempo Geológico



- 375 M.a. (Devónico)
- Plantas e insectos colonizan la Tierra
- Los anfibios salen del agua
- Surgen los grandes bosques

Tiempo Geológico



- Primeros reptiles
- Dinosaurios viven 26 minutos
- Homínidos aparecen hace 39 s
- Hombre aparece hace 6 s

Historia geológica reducida a un año

Inicio el 1° de enero y fin el 31 de diciembre.

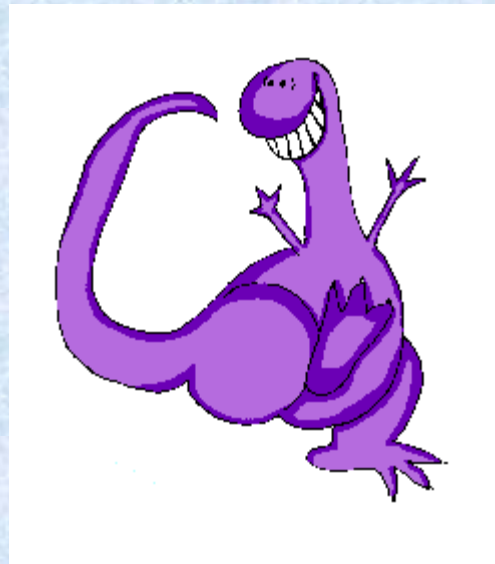
Las rocas más antiguas que conocemos en la tierra se hubieran formado a **fin de febrero**.

La **vida más antigua** hubiera aparecido **en mayo**.

Las rocas más antiguas de México a mediados de agosto.

Los **seres vivos** ocuparían los continentes hacia **fin de noviembre**.

Los dinosaurios caminarían en las costas de Michoacán el 16 de diciembre.

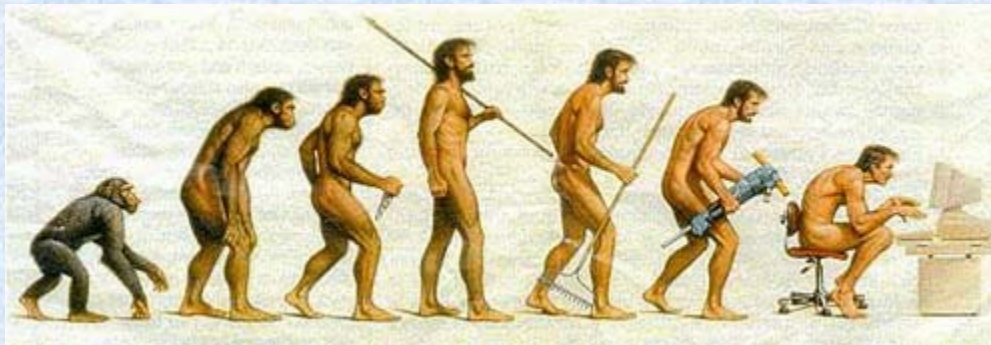


La Sierra Madre Oriental se levantaría el 26 de diciembre.

Los primeros homínidos aparecerían como a las 4:30 horas del 31.



La **geología moderna**, que se desarrollo a partir del concepto de tiempo geológico de James Hutton en 1785, habría iniciado **faltando dos segundos para la media noche del último día del año.**



De los tres tipos de rocas (ígneas, **sedimentarias** y metamórficas), las dos últimas jugaron un **papel fundamental** en el desarrollo de la Escala del Tiempo Geológico.

Las variaciones de **espesor** de las rocas sedimentarias representan a grosso modo la **duración del evento** y la energía del sistema que lo depositó.

Las rocas sedimentarias son las únicas con restos fósiles, permitiéndonos trazar la **evolución biológica**.



Dónde, cuándo y cómo comenzó la vida terrestre continúa siendo un misterio, por falta de pruebas fósiles. Las modernas teorías apuntan a que los ingredientes para construir las primeras criaturas pudieron generarse en el fondo del mar o que llovieron del cielo, hace 3,800 millones de años.

● Por Enrique M. Coperías ●

En agosto de 1996, el geólogo David McKay y sus colegas del Centro Espacial Johnson de la NASA, en Houston, presentaron en la revista *Science* la evidencia más tangible de que hace al menos 3,600 millones de años existió vida en Marte. Las pruebas de lo que algunos se han aventurado a calificar como el descubrimiento más importante de la humanidad se hallan conservadas en el *ALH84001*, un meteorito marciano de 1.9 kilos de peso que fue encontrado en la región antártica de Allan Hills, en 1984.

Al examinar la roca con potentes microscopios electrónicos, los científicos de la NASA han descubierto en su superficie unas marcas que podrían corresponder al contorno dejado

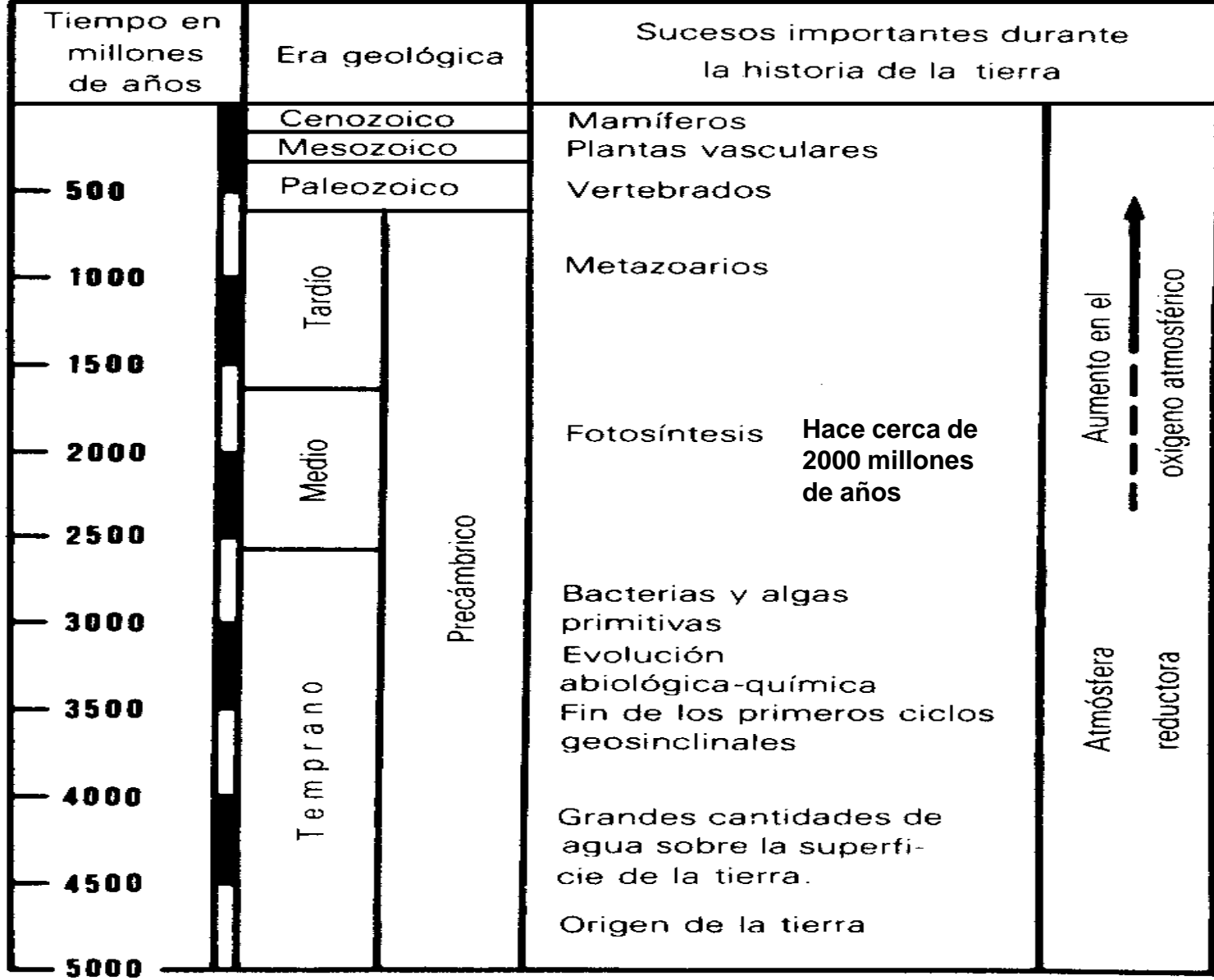
SON LA MAR DE VIEJAS

Estas estructuras calcáreas en forma de cojín que alloran en la bahía australiana de Shark, no son otra cosa que estromatolitos, los fósiles de unas colonias de microorganismos parecidos a bacterias que vivieron hace la friolera de 3,500 millones de años.



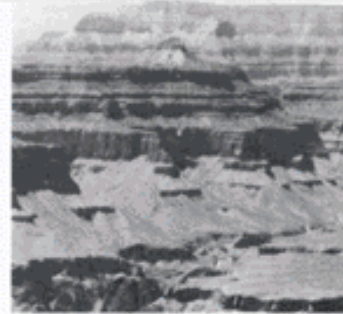
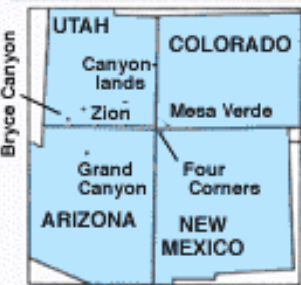
Sopa primitiva.

Sucesos de importancia en el ciclo del carbono orgánico



Sucesos que se suponen son de importancia para la evolución de la vida durante la historia de la tierra. La producción en masa de la materia orgánica en la tierra no se presentó antes de 2 mil millones de años, cuando se estableció la fotosíntesis como fenómeno mundial.

Gran Cañón de Colorado



GRAND CANYON NATIONAL PARK ARIZONA



ZION NATIONAL PARK UTAH



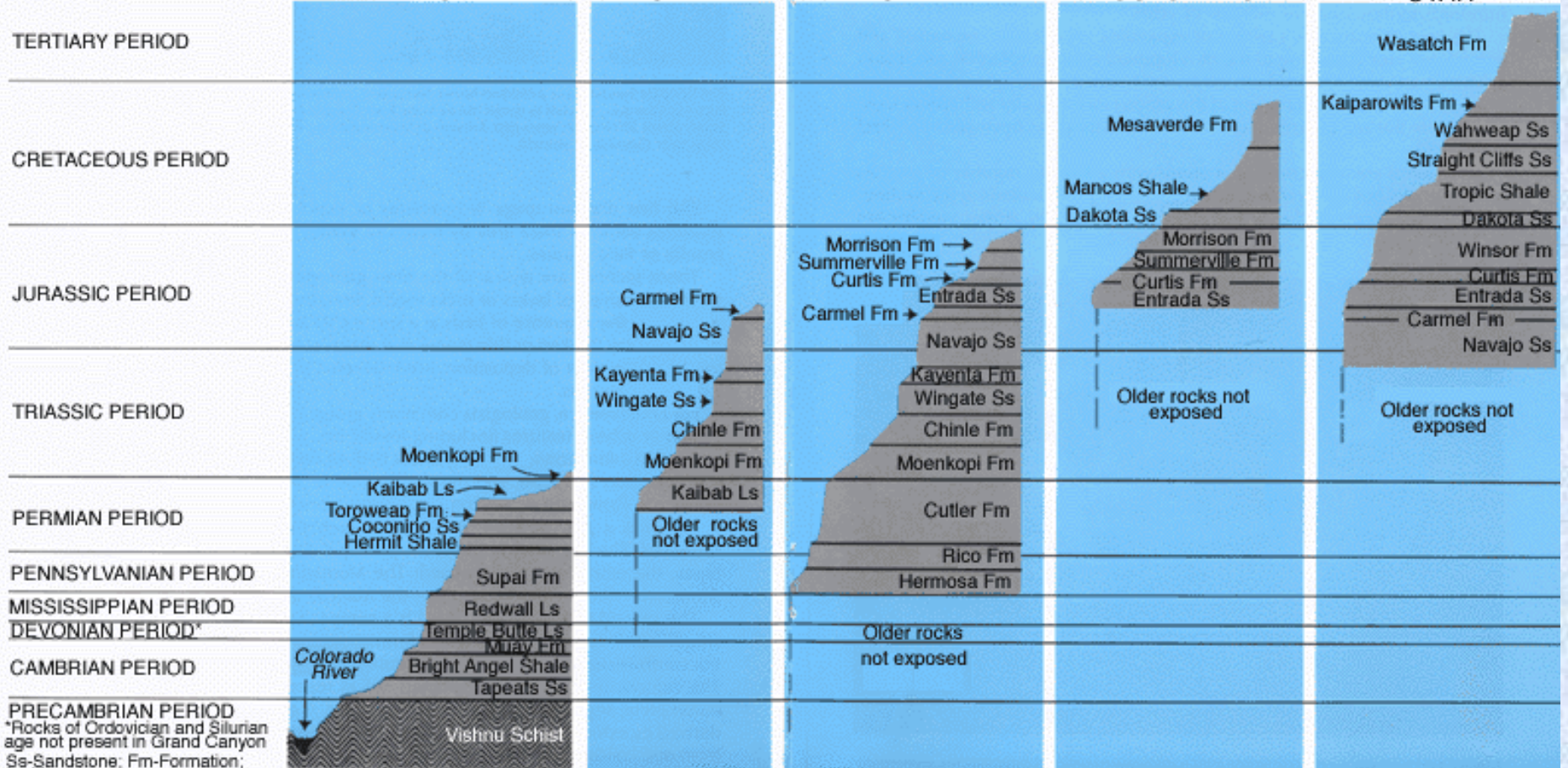
CANYONLANDS NATIONAL PARK UTAH

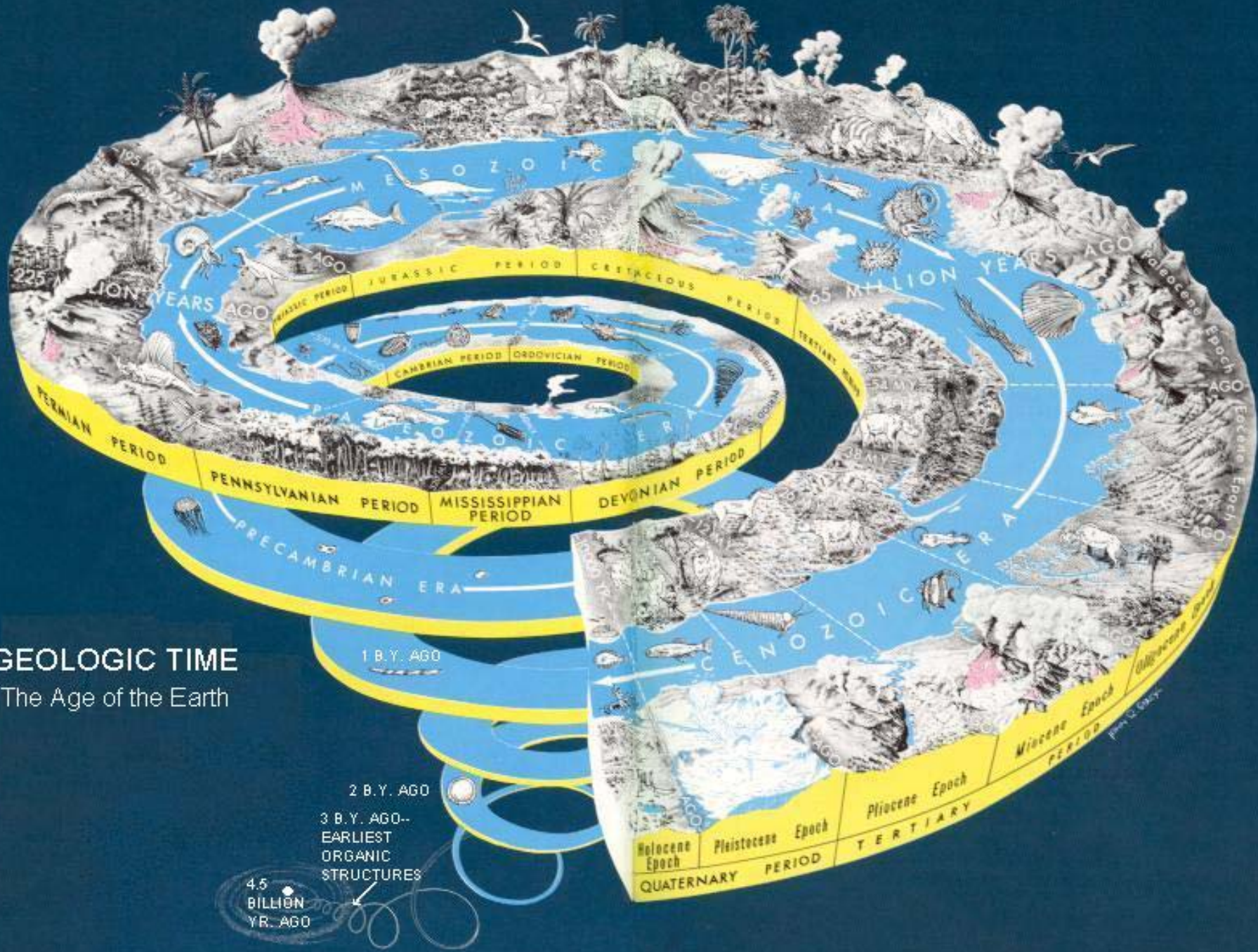


MESA VERDE NATIONAL PARK COLORADO



BRYCE CANYON NATIONAL PARK UTAH



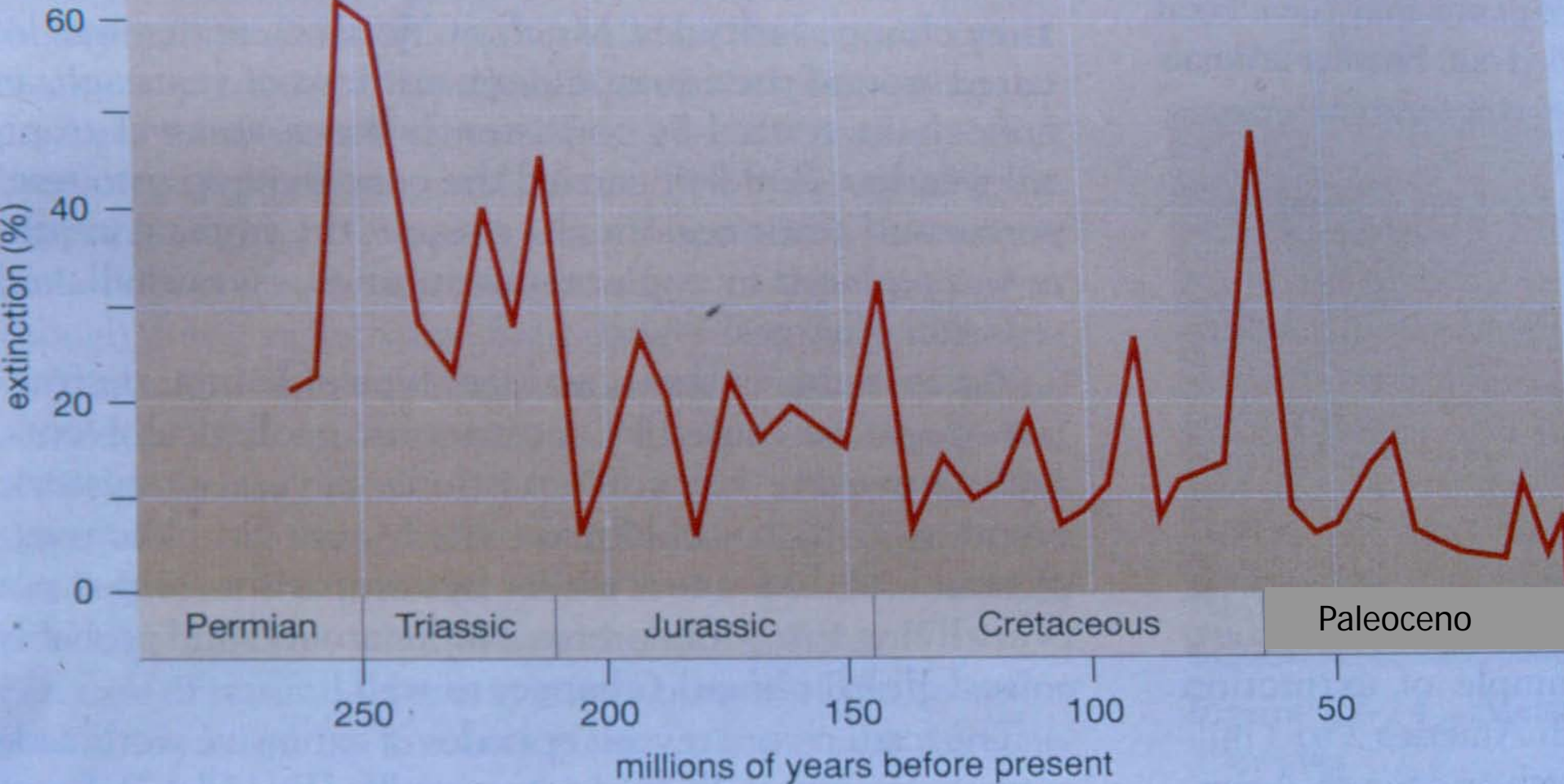


GEOLOGIC TIME
The Age of the Earth

La escala del tiempo geológico es un sistema internacional que se estableció por primera vez hace 180 años.

Con el correr del tiempo se le ha mejorado, pero en general se mantiene igual, ya que esta se basa en grandes trastornos o alteraciones que se produjeron a lo largo de la historia de la Tierra y de la vida, como las extinciones masivas.

Extinciones



La escala del tiempo geológico

La Escala Geológica del tiempo: es una referencia estándar que intenta representar el tiempo transcurrido en la Tierra de acuerdo a su registro en las rocas, se empezó a construir desde el siglo XVII con métodos de geocronología relativa, particularmente el contenido fosilífero.

La escala conserva el nombre original de la mayoría de las unidades, no obstante los límites en número de años entre las unidades ha cambiado progresivamente.

Escala de secuencias de rocas
convención acordada

Se basa en unidades de
duración

Divisiones cronoestratigráficas	Divisiones geocronológicas
Eontema	Eón
Eratema	Era
Sistema	Período
Serie	Época
Piso	Edad
Cronozona	Zona

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP		
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene				🔪	
			Pleistocene	Upper	0.0117			
				"Ionian"	0.126			
				Calabrian	0.781		🔪	
				Gelasian	1.806		🔪	
		Pliocene	Piacenzian	2.588		🔪		
			Zanclean	3.600		🔪		
		Neogene	Miocene	Messinian	5.332		🔪	
				Tortonian	7.246		🔪	
				Serravallian	11.608		🔪	
			Langhian	13.82				
			Burdigalian	15.97				
			Aquitanian	20.43				
				23.03		🔪		
			Paleogene	Oligocene	Chattian	28.4 ± 0.1		🔪
					Rupelian	33.9 ± 0.1		
		Eocene		Priabonian	37.2 ± 0.1			
				Bartonian	40.4 ± 0.2			
				Lutetian	48.6 ± 0.2		🔪	
				Ypresian	55.8 ± 0.2		🔪	
		Paleocene		Thanetian	58.7 ± 0.2		🔪	
				Selandian	~ 61.1		🔪	
			Danian	65.5 ± 0.3		🔪		

En la escala de tiempo geológico son escasos los intervalos de tiempo inferiores a los 100,000 años.

Unidad básica de medida son los Millones de años (Ma)

La escala del tiempo geológico se basa en la comprensión de dos aspectos del pasado: **el tiempo absoluto y el tiempo relativo.**



La escala de tiempo geológico está dividida en cuatro Eones cuya etimología griega se refiere a cuatro etapas en el desarrollo de la vida en nuestro planeta.

Los Eones se dividen en Eras → Periodos
→ Épocas → edades o pisos.



INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



Eonothem Eon	Eraethem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene		0.0117	👉
			Upper		0.126	
			Pleistocene	"Ionian"	0.781	
				Calabrian	1.806	👉
				Gelasian	2.588	👉
				Pliocene	Piacenzian	3.600
		Neogene	Miocene	Zanclean	5.332	👉
				Messinian	7.246	👉
				Tortonian	11.608	👉
				Serravallian	13.82	👉
				Langhian	15.97	👉
				Burdigalian	20.43	👉
	Oligocene		Aquitanian	23.03	👉	
			Chattian	28.4 ± 0.1	👉	
			Rupelian	33.9 ± 0.1	👉	
			Eocene	Priabonian	37.2 ± 0.1	👉
				Bartonian	40.4 ± 0.2	👉
				Lutetian	48.6 ± 0.2	👉
	Paleocene	Ypresian	55.8 ± 0.2	👉		
		Thanetian	58.7 ± 0.2	👉		
		Selandian	~ 61.1	👉		
		Danian	65.5 ± 0.3	👉		
		Mesozoic	Upper	Maastrichtian	70.6 ± 0.6	👉
				Campanian	83.5 ± 0.7	👉
	Santonian			85.8 ± 0.7	👉	
	Coniacian			~ 88.6	👉	
	Turonian			93.6 ± 0.8	👉	
	Lower		Cenomanian	99.6 ± 0.9	👉	
Albian			112.0 ± 1.0	👉		
Aptian			125.0 ± 1.0	👉		
Barremian			130.0 ± 1.5	👉		
Berriasian			145.5 ± 4.0	👉		

Eonothem Eon	Eraethem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ± 4.0	
				Kimmeridgian	150.8 ± 4.0	
				Oxfordian	~ 155.6	
			Middle	Callovian	161.2 ± 4.0	
				Bathonian	164.7 ± 4.0	👉
				Bajocian	167.7 ± 3.5	👉
		Lower	Aalenian	171.6 ± 3.0	👉	
			Toarcian	175.6 ± 2.0	👉	
			Pliensbachian	183.0 ± 1.5	👉	
			Sinemurian	189.6 ± 1.5	👉	
			Hettangian	196.5 ± 1.0	👉	
			Rhaetian	199.6 ± 0.6	👉	
	Triassic	Upper	Norian	203.6 ± 1.5	👉	
			Camian	216.5 ± 2.0	👉	
			Ladinian	~ 228.7	👉	
		Middle	Anisian	237.0 ± 2.0	👉	
			Olenekian	~ 245.9	👉	
			Induan	~ 249.5	👉	
	Paleozoic	Permian	Lopingian	Changhsingian	251.0 ± 0.4	👉
				Wuchiapingian	253.8 ± 0.7	👉
				Capitanian	260.4 ± 0.7	👉
			Guadalupian	Wordian	265.8 ± 0.7	👉
				Roadian	268.0 ± 0.7	👉
				Kungunian	270.6 ± 0.7	👉
		Carboniferous	Upper	Artinskian	275.6 ± 0.7	👉
				Sakmarian	284.4 ± 0.7	👉
			Lower	Asselian	289.0 ± 0.8	👉
				Gzhelian	294.6 ± 0.8	👉
Paleozoic	Carboniferous	Upper	Kasimovian	299.0 ± 0.8	👉	
			Moscovian	303.4 ± 0.9	👉	
		Lower	Bashkirian	307.2 ± 1.0	👉	
			Serpukhovian	311.7 ± 1.1	👉	
	Mississippian	Upper	Viséan	317.7 ± 1.1	👉	
			Viséan	318.1 ± 1.3	👉	
			Viséan	328.3 ± 1.6	👉	
		Lower	Viséan	328.3 ± 1.6	👉	
			Viséan	345.3 ± 2.1	👉	
			Tournaisian	359.2 ± 2.5	👉	

Eonothem Eon	Eraethem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	359.2 ± 2.5	👉
				Frasnian	374.5 ± 2.6	👉
				Givetian	385.3 ± 2.6	👉
			Middle	Eifelian	391.8 ± 2.7	👉
				Emsian	397.5 ± 2.7	👉
				Pragian	407.0 ± 2.8	👉
		Lower	Lochkovian	411.2 ± 2.8	👉	
			Pridoli	416.0 ± 2.8	👉	
			Ludlow	418.7 ± 2.7	👉	
			Ludfordian	Gorstian	421.3 ± 2.6	👉
				Homerian	422.9 ± 2.5	👉
			Wenlock	Sheinwoodian	426.2 ± 2.4	👉
	Telychian	428.2 ± 2.3		👉		
	Silurian	Llandovery	Aeronian	436.0 ± 1.9	👉	
			Rhuddanian	439.0 ± 1.8	👉	
			443.7 ± 1.5	👉		
		Upper	Hirnantian	445.6 ± 1.5	👉	
			Katian	445.8 ± 1.6	👉	
			Sandbian	455.8 ± 1.6	👉	
	Ordovician	Middle	Darriwilian	460.9 ± 1.6	👉	
			Dapingian	468.1 ± 1.6	👉	
			Floian	471.8 ± 1.6	👉	
		Lower	Tremadocian	478.6 ± 1.7	👉	
			Furongian	488.3 ± 1.7	👉	
			Stage 10	~ 492 *	👉	
	Cambrian	Series 3	Stage 9	~ 496 *	👉	
			Paibian	~ 499	👉	
			Guzhangian	~ 503	👉	
Series 2		Drumian	~ 506.5	👉		
		Stage 5	~ 510 *	👉		
		Stage 4	~ 515 *	👉		
Terreneuvian	Stage 3	~ 521 *	👉			
	Stage 2	~ 528 *	👉			
	Fortunian	542.0 ± 1.0	👉			

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with * are informal, and awaiting ratified definitions.
Copyright © 2009 International Commission on Stratigraphy

Eonothem Eon	Eraethem Era	System Period	Age Ma	GSSP GSSA	
Precambrian	Proterozoic	Eoarchean	Ediacaran	542	👉
			Neo-proterozoic	~ 635	👉
			Cryogenian	850	👉
		Meso-proterozoic	Tonian	1000	👉
			Stenian	1200	👉
			Ectasian	1400	👉
			Calymmian	1600	👉
		Paleo-proterozoic	Statherian	1800	👉
			Orosirian	2050	👉
			Rhyacian	2300	👉
	Archean	Siderian	2500	👉	
		Neoproterozoic	2800	👉	
		Mesoarchean	3200	👉	
		Paleoarchean	3600	👉	
Hadean (informal)	Eoarchean	4000	👉		
	~ 4600				

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org).

The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and 'The Concise Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).



INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP	
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary*	Holocene				
				Upper	0.0117	↗	
			Pleistocene	"Ionian"	0.126		
				Calabrian	0.781		
				Gelasian	1.806		
		Pliocene	Piacenzian	2.588			
			Zanclean	3.600			
			Messinian	5.332			
		Neogene	Miocene	Tortonian	7.246		
				Serravallian	11.608		
	Langhian			13.82			
	Burdigalian			15.97			
	Aquitanian			20.43			
	Oligocene		Chattian	28.4 ± 0.1			
			Rupelian	33.9 ± 0.1			
			Priabonian	37.2 ± 0.1			
			Bartonian	40.4 ± 0.2			
			Lutetian	48.6 ± 0.2			
	Paleogene	Eocene	Ypresian	55.8 ± 0.2			
			Thanetian	58.7 ± 0.2			
			Selandian	~ 61.1			
			Danian	65.5 ± 0.3			
		Paleocene	Maastrichtian	70.6 ± 0.6			
			Campanian	83.5 ± 0.7			
			Santonian	85.8 ± 0.7			
			Coniacian	~ 88.6			
	Mesozoic	Cretaceous	Turonian	93.6 ± 0.8			
			Cenomanian	99.6 ± 0.9			
Albian			112.0 ± 1.0				
Aptian			125.0 ± 1.0				
Barremian			130.0 ± 1.5				
Upper		Hauterivian	~ 133.9				
		Valanginian	140.2 ± 3.0				
		Berriasian	145.5 ± 4.0				

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ± 4.0	
				Kimmeridgian	150.8 ± 4.0	
				Oxfordian	~ 155.6	
				Callovian	161.2 ± 4.0	
				Bathonian	164.7 ± 4.0	
			Middle	Bajocian	167.7 ± 3.5	
				Aalenian	171.6 ± 3.0	
				Toarcian	175.6 ± 2.0	
				Pliensbachian	183.0 ± 1.5	
				Sinemurian	189.6 ± 1.5	
		Lower	Hettangian	196.5 ± 1.0		
			Rhaetian	199.6 ± 0.6		
			Norian	203.6 ± 1.5		
			Carnian	216.5 ± 2.0		
			Ladinian	~ 228.7		
	Triassic	Upper	Anisian	237.0 ± 2.0		
			Olenekian	~ 245.9		
			Induan	~ 249.5		
		Middle	Changhsingian	251.0 ± 0.4		
			Wuchiapingian	253.8 ± 0.7		
	Paleozoic	Permian	Lopingian	260.4 ± 0.7		
			Guadalupian	265.8 ± 0.7		
			Wordian	268.0 ± 0.7		
			Roadian	270.6 ± 0.7		
			Kungurian	275.6 ± 0.7		
		Carboniferous	Cisuralian	Artinskian	284.4 ± 0.7	
				Sakmarian	294.6 ± 0.8	
				Asselian	299.0 ± 0.8	
			Pennsylvanian	Gzhelian	303.4 ± 0.9	
				Kasimovian	307.2 ± 1.0	
Mississippian	Upper	Moscovian	311.7 ± 1.1			
		Bashkirian	318.1 ± 1.3			
		Serpukhovian	328.3 ± 1.6			
	Middle	Viséan	345.3 ± 2.1			
		Tournaisian	359.2 ± 2.5			

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	359.2 ± 2.5	
				Frasnian	374.5 ± 2.6	
				Givetian	385.3 ± 2.6	
				Eifelian	391.8 ± 2.7	
				Emsian	397.5 ± 2.7	
			Middle	Pragian	407.0 ± 2.8	
				Lochkovian	411.2 ± 2.8	
				Pridoli	416.0 ± 2.8	
				Ludlow	418.7 ± 2.7	
				Gorstian	421.3 ± 2.6	
		Silurian	Wenlock	Homerian	422.9 ± 2.5	
				Sheinwoodian	426.2 ± 2.4	
			Llandovery	Telychian	428.2 ± 2.3	
				Aeronian	436.0 ± 1.9	
				Rhuddanian	439.0 ± 1.8	
	Ordovician	Upper	Hirnantian	443.7 ± 1.5		
			Katian	445.6 ± 1.5		
			Sandbian	445.8 ± 1.6		
			Darriwilian	460.9 ± 1.6		
			Dapingian	468.1 ± 1.6		
		Middle	Floian	471.8 ± 1.6		
			Tremadocian	478.6 ± 1.7		
			Furongian	488.3 ± 1.7		
			Stage 10	~ 492 *		
			Stage 9	~ 496 *		
	Cambrian	Series 3	Paibian	~ 499		
			Guzhangian	~ 503		
			Drumian	~ 506.5		
		Series 2	Stage 5	~ 510 *		
			Stage 4	~ 515 *		
Terreneuvian	Stage 3	~ 521 *				
	Stage 2	~ 528 *				
	Fortunian	542.0 ± 1.0				

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with * are informal, and awaiting ratified definitions.
Copyright © 2008 International Commission on Stratigraphy

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Age Ma	GSSP GSSA		
Precambrian	Proterozoic	Eoarchean	Ediacaran	542		
			Neo-proterozoic	Cryogenian	~635	↗
				Tonian	850	↕
		Meso-proterozoic	Stenian	1000	↕	
			Ectasian	1200	↕	
			Calymmnian	1400	↕	
			Statherian	1600	↕	
		Paleo-proterozoic	Orosirian	1800	↕	
			Rhyacian	2050	↕	
			Siderian	2300	↕	
	Neoproterozoic		2500	↕		
	Archean		2800	↕		
	Hadean (informal)	Neoproterozoic	3200	↕		
		Mesoarchean	3600	↕		
		Paleoarchean	~4000	↕		
Eoarchean		~4600	↕			
Hadean (informal)		~4600	↕			

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Standard Section and Point (GSSP ↗), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org).

The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and 'The Concise Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).

* Definition of the Quaternary and revision of the Pleistocene are under discussion. Base of the Pleistocene is at 1.81 Ma (base of Calabrian), but may be extended to 2.59 Ma (base of Gelasian). The historic "Tertiary" comprises the Paleogene and Neogene, and has no official rank.

INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy

Epochs-Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP	
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Holocene		0.0115	
			Pleistocene	Upper	0.126	
				Middle	0.781	
		Pliocene	Gelasian	1.806		
			Piacenzian	2.588		
			Zanclean	3.600		
		Paleogene	Eocene	Messinian	5.332	
				Tortonian	7.246	
				Serravallian	11.808	
				Langhian	13.65	
				Burdigalian	15.97	
			Oligocene	Aquitanian	20.43	
				Chattian	23.03	
				Rupelian	28.4 ± 0.1	
	Priabonian			33.9 ± 0.1		
	Bartonian			37.2 ± 0.1		
	Mesozoic	Cretaceous	Eocene	40.4 ± 0.2		
			Lutetian	48.6 ± 0.2		
			Ypresian	55.8 ± 0.2		
			Thanetian	58.7 ± 0.2		
		Paleocene	Selandian	61.7 ± 0.2		
			Danian	65.5 ± 0.3		
			Maastrichtian	70.6 ± 0.6		
			Campanian	83.5 ± 0.7		
	Paleozoic	Permian	Upper	85.8 ± 0.7		
			Coniacian	89.3 ± 1.0		
			Turonian	93.5 ± 0.8		
			Cenomanian	99.6 ± 0.9		
Albian			112.0 ± 1.0			
Triassic		Aptian	125.0 ± 1.0			
		Berriasian	130.0 ± 1.5			
		Hauterivian	136.4 ± 2.0			
		Valanginian	140.2 ± 3.0			
		Berriasian	145.5 ± 4.0			

Epochs-Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Tithonian	145.5 ± 4.0	
			Upper	150.8 ± 4.0	
			Kimmeridgian	155.0 ± 4.0	
			Oxfordian	161.2 ± 4.0	
			Callovian	167.7 ± 3.5	
			Bathonian	171.6 ± 3.0	
			Aalenian	175.6 ± 2.0	
		Lower	Toarcian	183.0 ± 1.5	
			Pliensbachian	189.6 ± 1.5	
			Sinemurian	196.5 ± 1.0	
			Hettangian	199.6 ± 0.6	
			Rhaetian	203.6 ± 1.5	
			Norian	216.5 ± 2.0	
			Carnian	228.0 ± 2.0	
	Upper	Ladinian	237.0 ± 2.0		
		Anisian	245.0 ± 1.5		
		Olenekian	249.7 ± 0.7		
	Paleozoic	Carboniferous	Induan	251.0 ± 0.4	
			Changhsingian	253.8 ± 0.7	
			Wuchiapingian	260.4 ± 0.7	
		Permian	Guadalupian	265.8 ± 0.7	
			Wordian	268.0 ± 0.7	
		Triassic	Roadian	270.6 ± 0.7	
			Kungurian	275.6 ± 0.7	
			Artinskian	284.4 ± 0.7	
			Sakmarian	294.6 ± 0.8	
			Asselian	299.0 ± 0.8	
			Gzhelian	303.9 ± 0.9	
Carboniferous	Upper	306.5 ± 1.0			
	Middle	311.7 ± 1.1			
	Lower	318.1 ± 1.3			
	Upper	326.4 ± 1.6			
	Middle	345.3 ± 2.1			
Carboniferous	Lower	359.2 ± 2.5			
	Tournaesian	359.2 ± 2.5			

Epochs-Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	359.2 ± 2.5	
			Famennian	374.5 ± 2.6	
			Frasnian	385.3 ± 2.6	
			Middle	391.8 ± 2.7	
			Givetian	397.5 ± 2.7	
			Eifelian	407.0 ± 2.8	
			Lochkovian	411.2 ± 2.8	
		Lower	Pragian	416.0 ± 2.8	
			Prudoi	418.7 ± 2.7	
			Ludlow	421.3 ± 2.6	
		Silurian	Gorsian	422.9 ± 2.5	
			Homeric	426.2 ± 2.4	
			Sheinwoodian	426.2 ± 2.3	
			Telychian	436.0 ± 1.9	
	Lower	Aeronian	439.0 ± 1.8		
		Rhuddanian	443.7 ± 1.5		
	Ordovician	Upper	445.6 ± 1.5		
		Middle	455.8 ± 1.6		
		Darriwilian	460.9 ± 1.6		
		Lower	468.1 ± 1.6		
		Tremadocian	471.8 ± 1.6		
	Cambrian	Furongian	478.6 ± 1.7		
		Paibian	488.3 ± 1.7		
		Middle	501.0 ± 2.0		
	Lower	Lower	513.0 ± 2.0		
		Lower	542.0 ± 1.0		

Epochs-Era	System Period	Age Ma	GSSP
Precambrian	Proterozoic	Ediacaran	542
		Neo-proterozoic	-830
		Cryogenian	850
		Tonian	1000
		Meso-proterozoic	1200
		Stenian	1400
	Archean	Ectasian	1600
		Calymnian	1800
		Stathenian	1800
		Orosirian	2050
	Archean	Rhyacian	2300
		Siderian	2500
		Neoarchean	2800
		Mesoarchean	3200
Archean	Paleoarchean	3600	
	Eoarchean	Lower limit is not defined	

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic interval (~542 Ma to Present) and the base of the Ediacaran is defined by a Global Standard Section and Point (GSSP) at its base, whereas the Precambrian Interval is formally subdivided by absolute age, Global Standard Stratigraphic Age (GSSA).

This chart gives an overview of the international chronostratigraphic units, their rank, their names and formal status. These units are approved by the International Commission on Stratigraphy (ICS) and ratified by the International Union of Geological Sciences (IUGS).

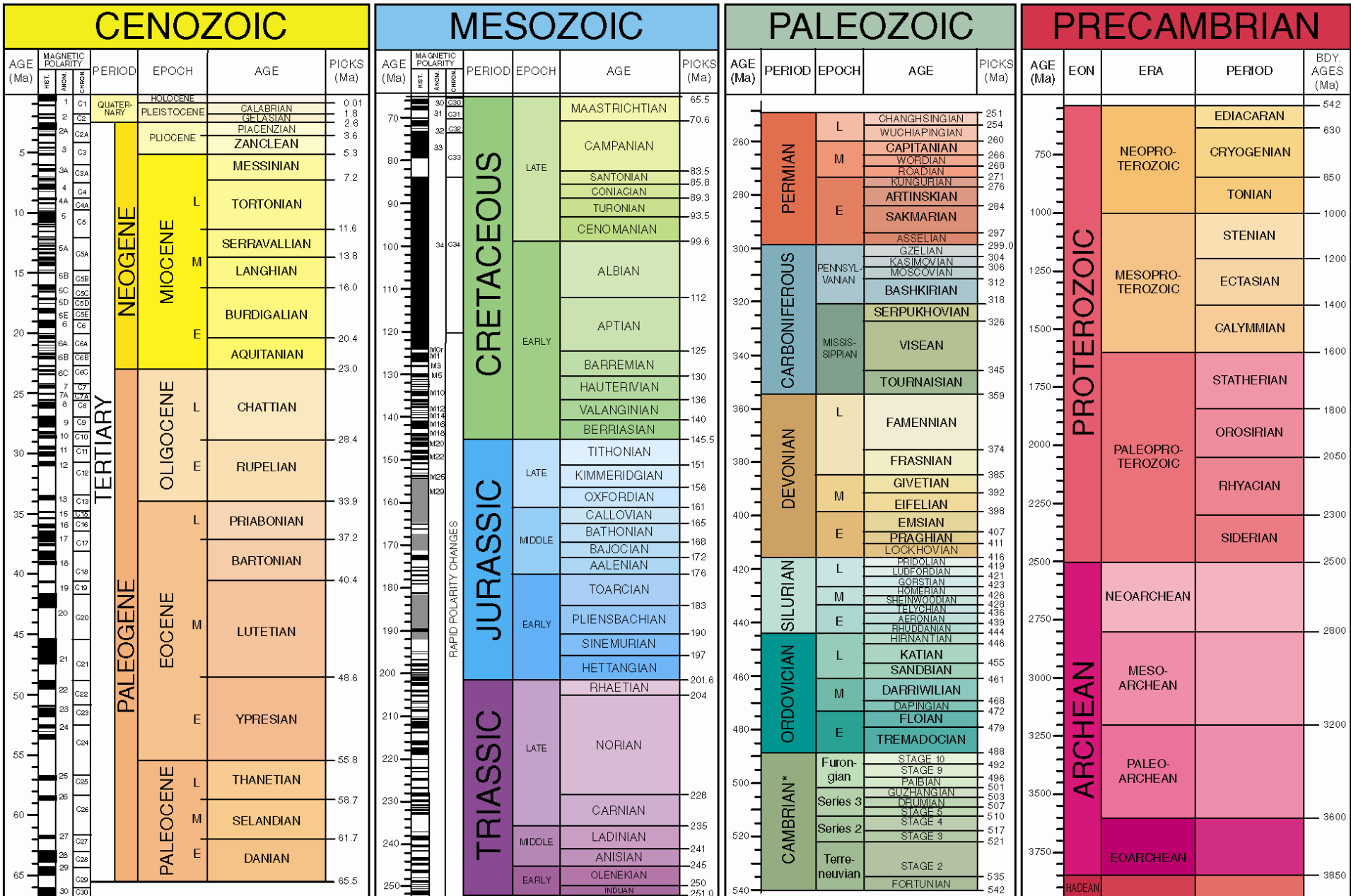
The Guidelines of the ICS (Renane et al., 1996, Episodes, 19: 77-81) regulate the selection and

definition of the international units of geologic time. Many GSSP's actually have a 'golden' spike (📌) and Stage and/or System name plaque mounted at the boundary level in the boundary stratotype section, whereas a GSSA is an abstract age without reference to a specific level in a rock section on Earth. Updated descriptions of each GSSP and GSSA are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Some stages within the Ordovician and Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most intra-stage boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined. Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org). The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith et al. (2004, Cambridge University Press).

This chart was drafted and printed with funding generously provided for the GTS Project 2004 by ExxonMobil, Statoil Norway, Chevron/Texaco and BP. The chart was produced by Gabi Ogg.

2009 GEOLOGIC TIME SCALE

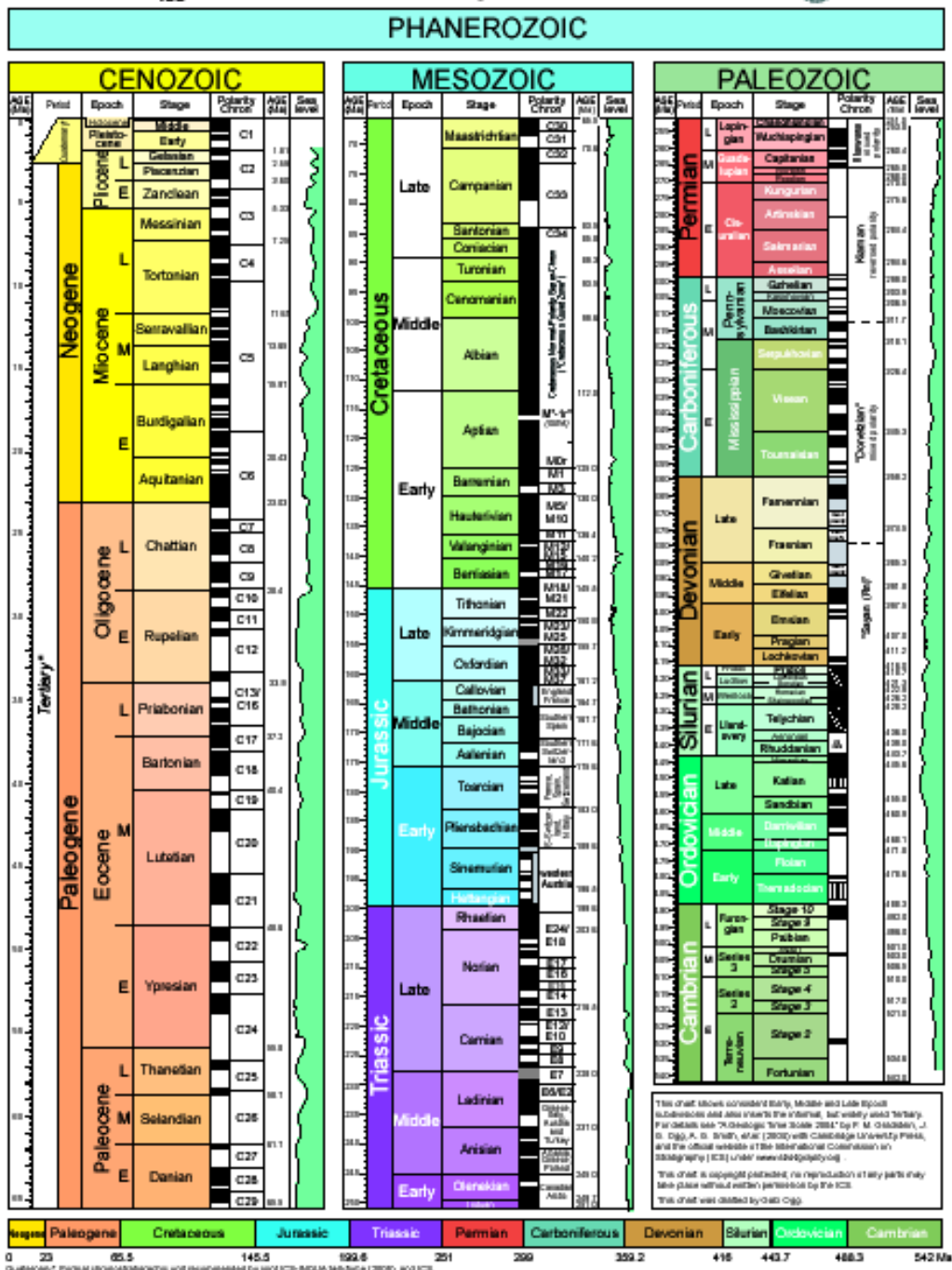


*International ages have not been fully established. These are current names as reported by the International Commission on Stratigraphy.

Walker, J.D., and Geissman, J.W., compilers, 2009, Geologic Time Scale: Geological Society of America, doi: 10.1130/2009.CTS004R2C. ©2009 The Geological Society of America.

Sources for nomenclature and ages are primarily from Gradstein, F., Ogg, J., Smith, A., et al., 2004, A Geologic Time Scale 2004: Cambridge University Press, 589 p. Modifications to

Escala de tiempo geológico



Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP	
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene				
			Pleistocene	Upper	0.0117		
				"Ionian"	0.126		
				Calabrian	0.781		
				Gelasian	1.806		
		Pliocene	Piacenzian	2.588			
			Zanclean	3.600			
		Miocene	Messinian	5.332			
			Tortonian	7.246			
			Serravallian	11.608			
			Langhian	13.82			
			Burdigalian	15.97			
			Aquitanian	20.43			
				23.03			
		Oligocene	Chattian	28.4 ±0.1			
			Rupelian	33.9 ±0.1			
		Eocene	Priabonian	37.2 ±0.1			
			Bartonian	40.4 ±0.2			
			Lutetian	48.6 ±0.2			
			Ypresian	55.8 ±0.2			
		Paleocene	Thanetian	58.7 ±0.2			
			Selandian	~ 61.1			
			Danian	65.5 ±0.3			

Ma

0.002	Erupción del volcán Xitle
0.02	Primera erupción del Volcán Popocatepetl.
0.025-0.01	Glaciación más reciente
5	Se inicia la apertura del Golfo de California.
16-0	Vulcanismo en la Faja Volcánica Transmexicana.
50-16	Vulcanismo en la Sierra Madre Occidental
65	Límite K/P (K/T) - extinción masiva de los dinosaurios Impacto en Chicxulub. Inicio de la Orogenia Laramide

Desarrollo de varias **plataformas marinas que constituyen volúmenes muy importantes de rocas almacenadoras**, (Plataforma de Tuxpan, Plataforma de Córdoba, Plataforma de Coahuila, plataforma de Valles-San Luis, etc.)
Fosilización de organismos en la cantera de Tlayúa, Puebla.

169 Se inicia la **apertura del Golfo de México.**

200 Se inicia el **rompimiento del supercontinente Pangea.**

250 **Extinción masiva a fines del Pérmico. Incluye los trilobites.**

Mesozoic		Cretaceous		Age Ma	
Upper	Maastrichtian	65.5 ±0.3			
	Campanian	70.6 ±0.6			
	Santonian	83.5 ±0.7			
	Coniacian	85.8 ±0.7			
	Turonian	~ 88.6			
	Cenomanian	93.6 ±0.8			
		99.6 ±0.9			
	Lower	Albian	112.0 ±1.0		
		Aptian	125.0 ±1.0		
		Barremian	130.0 ±1.5		
		Hauterivian	~ 133.9		
		Valanginian	140.2 ±3.0		
		Berriasian	145.5 ±4.0		

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ±4.0	
				Kimmeridgian	150.8 ±4.0	
				Oxfordian	~ 155.6	
			Middle	Callovian	161.2 ±4.0	
				Bathonian	164.7 ±4.0	
				Bajocian	167.7 ±3.5	
				Aalenian	171.6 ±3.0	
				Toarcian	175.6 ±2.0	
					183.0 ±1.5	
		Lower	Pliensbachian	189.6 ±1.5		
			Sinemurian	196.5 ±1.0		
			Hettangian	199.6 ±0.6		
				203.6 ±1.5		
		Triassic	Upper	Rhaetian	203.6 ±1.5	
				Norian	216.5 ±2.0	
				Carnian	~ 228.7	
			Middle	Ladinian	237.0 ±2.0	
				Anisian	~ 245.9	
					~ 249.5	
Lower	Olenekian		~ 249.5			
	Induan		251.0 ±0.4			
	Chengdeingian					

300-200 Surgen los reptiles.

350-300 Surgen los anfibios.

375 Se forma la cadena Apalache-Caledoniana: colisión entre Europa, Africa y Norteamérica.

Pha	Paleozoic	Permian		Triassic	Age Ma	GSSP	
		Subperiod	Series	Series			
Pha	Paleozoic	Permian	Lopingian	Changhsingian	251.0 ±0.4	🔪	
				Wuchiapingian	253.8 ±0.7		
			Guadalupian	Capitanian	260.4 ±0.7		
				Wordian	265.8 ±0.7		
				Roadian	268.0 ±0.7		
				Cisuralian	270.6 ±0.7		
			Cisuralian	Kungurian	275.6 ±0.7		
				Artinskian	284.4 ±0.7		
				Sakmarian	294.6 ±0.8		
				Asselian	299.0 ±0.8		
		Carboniferous	Pennsylvanian	Upper	Gzhelian		303.4 ±0.9
					Kasimovian		307.2 ±1.0
				Middle	Moscovian		311.7 ±1.1
					Lower		Bashkirian
			Mississippian	Upper			Serpukhovian
					Visean		345.3 ±2.1
				Lower	Tournaisian		359.2 ±2.5

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP	
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	359.2 ±2.5	🔪	
				Frasnian	374.5 ±2.6		
			Middle	Givetian	385.3 ±2.6		
				Eifelian	391.8 ±2.7		
			Lower	Emsian	397.5 ±2.7		
				Pragian	407.0 ±2.8		
		Lochkovian		411.2 ±2.8			
		Silurian	Pridoli	416.0 ±2.8			
			Ludlow	Ludfordian	418.7 ±2.7		
				Gorstian	421.3 ±2.6		
			Wenlock	Homerian	422.9 ±2.5		
				Sheinwoodian	426.2 ±2.4		
			Llandovery	Telychian	428.2 ±2.3		
				Aeronian	436.0 ±1.9		
				Rhuddanian	439.0 ±1.8		
			Ordovician	Upper	Hirnantian		443.7 ±1.5
					Katian		445.6 ±1.5
		Sandbian			455.8 ±1.6		
		Middle		Darriwilian	460.9 ±1.6		
				Dapingian	468.1 ±1.6		
		Lower		Floian	471.8 ±1.6		
				Tremadocian	478.6 ±1.7		
		Cambrian		Furongian	Stage 10		488.3 ±1.7
					Stage 9		~ 492 *
			Paibian		~ 496 *		
			Series 3	Guzhangian	~ 499		
				Drumian	~ 503		
				Stage 5	~ 506.5		
Series 2	Stage 4		~ 510 *				
	Stage 3		~ 515 *				
Terreneuvian	Stage 2		~ 521 *				
	Fortunian		~ 528 *				
	Stage 1	542.0 ±1.0					

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra-Cambrian unit as

550 **Formación de Gondwana.**

700 **Rompimiento del supercontinente Rodinia.**

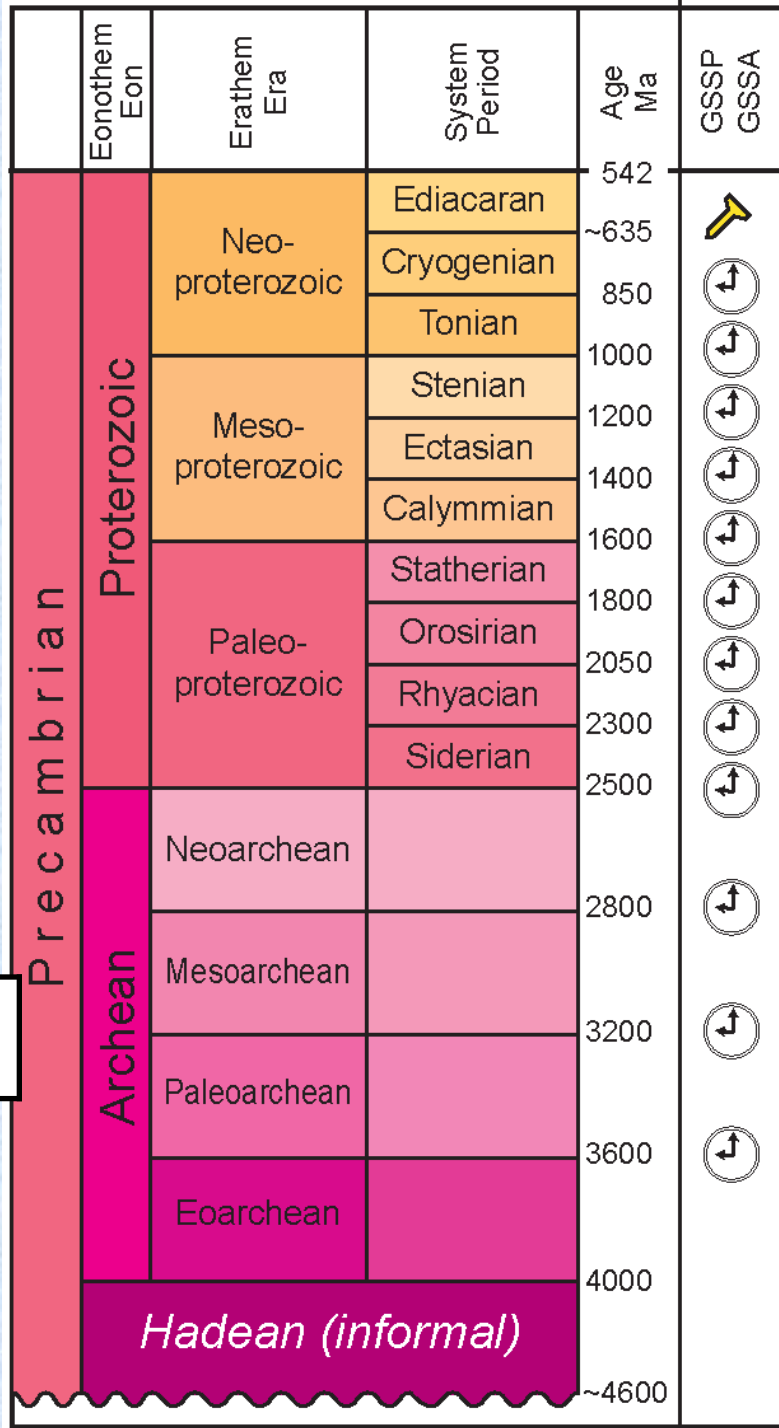
1800-1700 **Rocas más antiguas de México: el Complejo Bámori en Sonora.**

2400 **Inicia el depósito de formaciones bandeadas de hierro (ambiente reductor).**

3500-2800 **Fotosíntesis por algas verde-azules. Capa de ozono**

3800-4000 **Rocas más antiguas de la Tierra.**

4600 **Formación del Sistema Solar (Tierra)**



The Earth's Crust—Where We Find It



Fig. 2-9 Map of world showing location of shields and areas where very old (Precambrian age) rocks occur on the surface in black

LINEA DEL TIEMPO GEOLÓGICO-EVOLUTIVA

Edad (Ma)	Evento
0.002	Erupción del volcán Xitle , cuyas lavas cubren Ciudad Universitaria.
0.0046	Empieza a crecer el árbol de pino quebradizo más viejo que queda en vida.
0.006	Se desarrolla la escritura en Sumaria.
0.01	Homo Sapiens Sapiens aprende a usar fuego para moldear cobre y endurecer cerámica. También evolucionan las comunidades sedentarias.
0.012	Homo Sapiens Sapiens domestica perros en Kirkuk, Iráq.
0.017	Homo Sapiens Sapiens pinta la cueva de Lascaux, Francia.
0.02	Homo Sapiens Sapiens pinta las cuevas de Altamira, España. Primera erupción del actual Volcán Popocatepetl.
0.025-0.01	Glaciación más reciente ; un escudo polar cubre la mayor parte del norte de Norteamérica.
0.04-0.012	Homo Sapiens Sapiens entra a Australia procedente del sureste de Asia y a Norteamérica por el estrecho de Bering.
0.05-0	Existe Homo Sapiens Sapiens.
0.2-0.03	Evoluciona Homo Sapiens Neandarthalis.
0.3	Ocurre la explosión de la supernova Géminis.

1-0.5	Homo Erectus domina el fuego.
1.8-0.2	Existe Homo Erectus.
2-0.01	La más reciente glaciación generalizada en la Tierra (edad de hielo).
2	Amplio uso de herramientas de piedra.
3.5	Lucy, una Australopithecus camina la Tierra en Africa sudoccidental.
4-1	Existe Australopithecus.
4	Desarrollo del bipedalismo homínido.
5	Se inicia la apertura del Golfo de California.
10-4	Existe Ramapithecus.
16-0	Desarrollo del volcanismo en la Faja Volcánica Transmexicana , del cual forman parte los grandes estratovolcanes mexicanos como el Citlatépetl, Popocatépetl, Ixtaccíhuatl, y Nevado de Toluca, entre otros.
20-12	Evolución de la línea filogenética de los chimpancés y de los homínidos.
20	Evolución de loros y palomas.
28	Evolución de los koalas.
50-16	Extenso volcanismo en la porción occidental de México , cuyo resultado es la Sierra Madre Occidental la cobertura ignimbrítica más extensa de la Tierra.

50	Evolución de los monos primitivos.
55	Evolución de los conejos y las liebres. Aparición de caballos y ballenas.
60	Evolución de garzas y cigüeñas, así como de ratas ratones y ardillas.
65	Límite K/P (K/T) - extinción masiva de los dinosaurios e inicio del reinado de los mamíferos. Ocurre el impacto del meteorito Chicxulub , Yucatán. Inicio de la Orogenia Laramide (Cordillerana) que dio lugar a la Sierra Madre Oriental y que formo la mayor parte de estructuras plegadas y fallas inversas que contienen hidrocarburos en México.
90	Evolución de los tiburones modernos. Giganotosaurus carolinii (un dinosaurio) el carnívoro más grande del planeta vive en Argentina.
91-115	Se desarrollan varias plataformas marinas importantes que constituyen volúmenes muy importantes de rocas almacenadoras de hidrocarburos (Plataforma de Tuxpan, Plataforma de Córdoba, Plataforma de Coahuila, plataforma de Valles-San Luis, etc.) Fosilización de organismos en la cantera de Tlayúa, Puebla.
115- 120	Transgresión que origina la inundación de gran cantidad de paleo-islas. Evento que se explica por la teoría de la super-pluma.
145	Archaeópteryx camina en la Tierra.
169	Se inicia la apertura del Golfo de México. Desarrollo de plataformas carbonatadas y siliciclásticas en los que se acumularan sedimentos con alto contenido de materia orgánica (rocas generadoras) y rocas con buena porosidad (rocas almacenadoras).
200	Se inicia el rompimiento del supercontinente Pangea. Se desarrollan los primeros cocodrilos y aparecen los primeros mamíferos. En el territorio de México se tienen gran cantidad de sedimentos clásticos acumulados en ambiente continental.
225	Desarrollo de los helechos modernos.
230	Evolución de las cucarachas y termitas.

LINEA DEL TIEMPO GEOLÓGICO-EVOLUTIVA

250	Extinción masiva de organismos a fines del Periodo Pérmico. Incluye la extinción de los trilobites.
280	Evolución de los escarabajos y gorgojos.
300	Evolución de los insectos alados.
300-200	Surgen los reptiles.
350	Los helechos primitivos de desarrollan (primeras plantas con raíz). Se desarrollan los primeros insectos.
350-300	Surgen los anfibios.
375	Aparición de los tiburones primitivos. Se forma la cadena Apalache-Caledoniana por la colisión continental entre Europa, Africa y Norteamérica. En México se encuentran evidencias de esta colisión en las rocas del Complejo Acatlán en Puebla.
420	Evolucionan los milpiés - primer animal terrestre.
430	Algas cubiertas por cera inician la vida en tierra firme. La vida sale de los océanos y es cada vez más abundante
500-450	Surgen los peces - los primeros vertebrados.
517-515	Fosilización en la lutita de Burgess, Canadá
528-526	Fosilización en Cheng-Jiang, China.
545	Explosión cámbrica de los organismos con esqueleto externo.

LINEA DEL TIEMPO GEOLÓGICO-EVOLUTIVA

550	Formación de Gondwana.
580-545	Se forman los fósiles de los organismos de Ediacara, Australia.
700	Rompimiento del supercontinente Rodinia.
1100	Formación del supercontinente de Rodinia. En México se tiene evidencia de este evento en las rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño en Oaxaca.
1500	Desarrollo de organismos con células eucarióticas.
1500-600	Surgen los organismos multicelulares.
1600	Se acaban las últimas reservas de hierro en solución en los océanos por el aumento del oxígeno atmosférico, formándose las últimas formaciones bandeadas de hierro.
1800-1700	Edad de las rocas más antiguas de México: el Complejo Bámori en Sonora.
2000	Inicia el reactor de fisión natural.

LINEA DEL TIEMPO GEOLÓGICO-EVOLUTIVA

2400	La elevación de la concentración de moléculas de oxígeno detiene la precipitación de uraninitas (solubles en ambiente oxidante) y se inicia el depósito de formaciones bandeadas de hierro (soluble en ambiente reductor) .
3500-2800	Inicio de la fotosíntesis por algas verde-azules con lo cual se liberan moléculas de O_2 a la atmósfera y se fortalece la capa de ozono , cambia la atmósfera químicamente reductora de la Tierra a químicamente oxidante. Se incrementa la cantidad y variedad de organismos en los océanos.
3800	Indicios geobioquímicos de vida primitiva.
4000	Cesa el bombardeo de planetesimales en la Tierra. Se solidifica la corteza de la Tierra y se forman las rocas más antiguas de la Tierra .
4300	Fusión de la Tierra debido al calentamiento radioactivo y gravitacional, lo cual permitió la diferenciación de su estructura interna, así como la expulsión en forma gaseosa de moléculas de agua, metano, amonio, hidrógeno, nitrógeno y bióxido de carbono. El agua atmosférica es dissociada por la luz ultravioleta dando lugar a átomos de oxígeno que se incorporan a una capa de moléculas de ozono. El hidrógeno escapa al espacio.
4600	Formación del Sistema Solar y de una Tierra sólida, aproximadamente homogénea, por la acreción de planetesimales.

La escala del tiempo geológico

Las divisiones de la columna geológica están basadas en una cronología relativa.

Los primeros geólogos y los científicos que estudiaron las rocas y la historia de la Tierra, se dieron cuenta de que a menudo aparecían juntos fósiles similares en diferentes formaciones, y que en estas formaciones se tenía algún tipo de secuencia característica.

De estas observaciones se desprendieron dos conclusiones:

En primer lugar, en las rocas estratificadas, las rocas más antiguas se encuentran en la parte inferior y las más nuevas en la parte superior. De este modo, se puede establecer la antigüedad relativa de una secuencia, en un determinado lugar o de un lugar a otro.



Todos los términos tienen un significado particular.

Localidades donde afloran

Devónico: condado Devon en Reino Unido

Jurásico: montañas Juras

Tipo de rocas

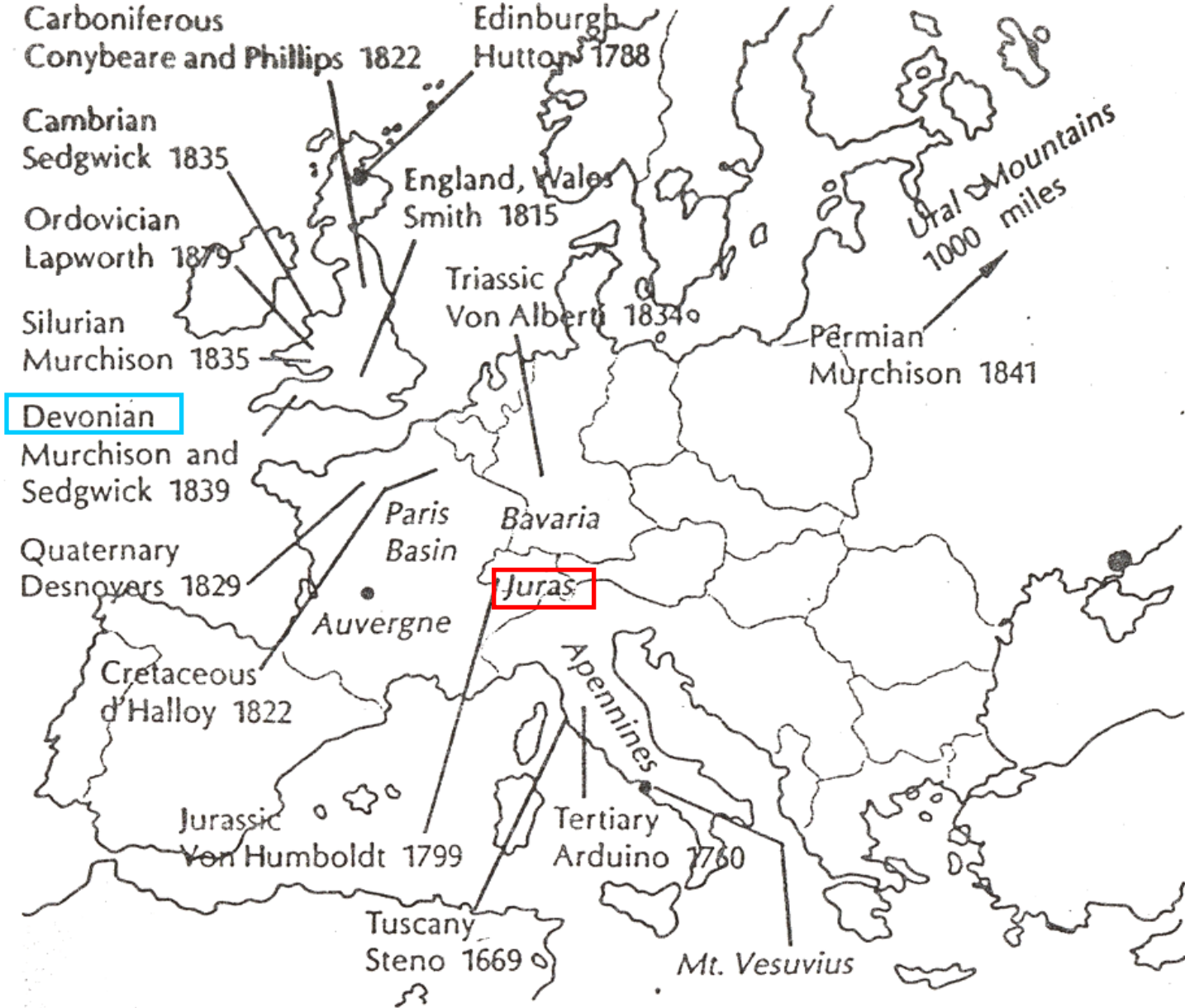
Cretácico: de creta

Carbonífero: de carbón

Posición temporal

Neógeno

Paleógeno



Locations of some of the important geographical features that were the basis for the construction of the geologic column. Adapted from Eicher (1976).

El desarrollo de los sistemas de la tabla estratigráfica fue azaroso: cronológicamente, la nomenclatura de ellos fue introducida en el siguiente orden, por los autores señalados y en el lugar indicado:

- TERCIARIO Arduino. 1759
- JURASICO Humboldt. 1795 (Montañas jura. Suiza-Francia)
-
- CRETÁCICO D' Halley. 1822 (cerca de Paris)
- CARBINIFERO Conibeare & Philips. 1822 (Inglaterra)
- EOCENO
- MIOCENO Lyell. 1830-60 (cerca de Paris)
- PLIOCENO
- RECIENTE Lyell. 1833-60 (Inglaterra)
- (HOLOCENO)
- TRIASICO Von Albery. 1834 (Alemania)
- CAMBRICO Sedwick y Murchison. 1835 (Inglaterra)
- SILURICO Sedwick y Murchison. 1835 (Inglaterra)
- DEVONICO Sedwick y Murchison. 1839 (Inglaterra)
- PLEISTOCENO Lyell. 1839 (Inglaterra)
- PALEOZOICO
- MESOZOICO
- CENOZOICO John Phillips. 1841 (Inglaterra)
- PERMICO Murchison. 1841 (Rusia)
- OLIGOCENO Begrich. 1854 (Inglaterra)
- MISSISSIPICO Winchell. 1870 (USA)
- ORDOVICICO Lapworth. 1879 (Inglaterra)
- HOLOCENO I Congreso internacional (por acuerdo de comisión). 1855
- PENNSILVANICO Williams. 1871 (USA)

OTROS TERMINOS:

- FACIES Gressly. 1840
- AMBIENTE SEDIMENTARIO Sorby. 1850

• Los de las unidades de rango más amplio se asignaron de acuerdo al tipo de vida dominante.

• **EONES**

Fanerozoico (vida expuesta)

Proterozoico (protovida)

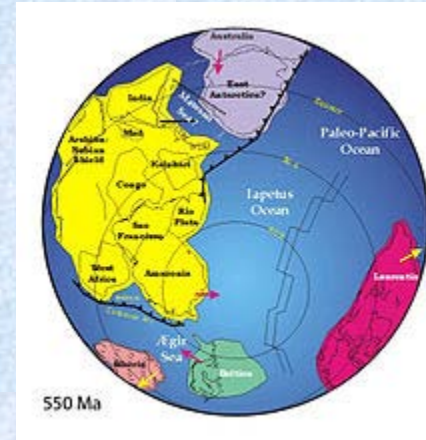
Arqueano (comienzo de la vida)

• **ERAS**

Cenozoico (vida reciente)

Mesozoico (vida media)

Paleozoico (vida antigua)



Los continentes a finales del Proterozoico, hace 550 millones de años.

Considerando que la **Tierra se formó hace más o menos 4,600 millones de años**, el **Arqueano y el Proterozoico**, juntos denominados Precámbrico, constituyen alrededor del **85 % de la edad de la Tierra**.

El 15% restante corresponde al Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.

Los **períodos del Paleozoico** tomaron su nombre de las **localidades, inglesas y europeas**, donde fueron inicialmente estudiados **y rocas**.

Pérmico: antiguo reino de Permian en los Urales (Murchison, 1841)

Carbonífero: de carbón (Farey, 1807-1811)

Pensilvánico (Pensilvania?)

Misisípico (Valle del Mississipi?)

Devónico: condado Devon en Reino Unido (Sedwick y Murchison, 1839)

Silúrico: Tribu Silures (Murchison, 1835)

Ordovícico: localidad de Reino Unido

Cámbrico: Cambria en Gales, Reino Unido

Períodos del Mesozoico

Cretácico: de creta

Jurásico: montañas Juras

Triásico: de Trias, tres litologías en los Alpes (Bunter, Muschelkalk y Keuper), Alemania (Alberti, 1834)

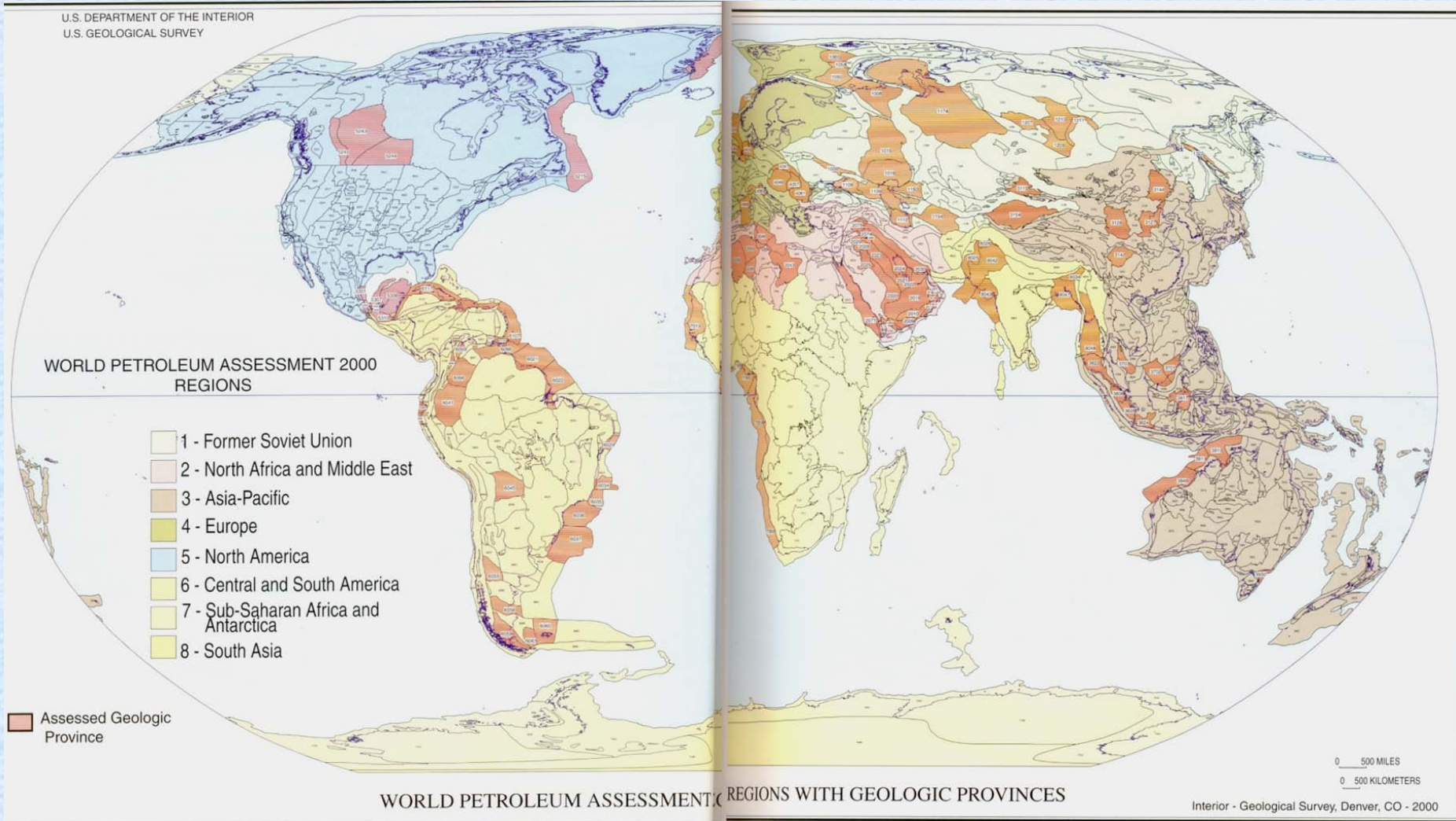
Períodos del Cenozoico

Cuaternario

Neógeno: Posición temporal, por Plioceno y Mioceno

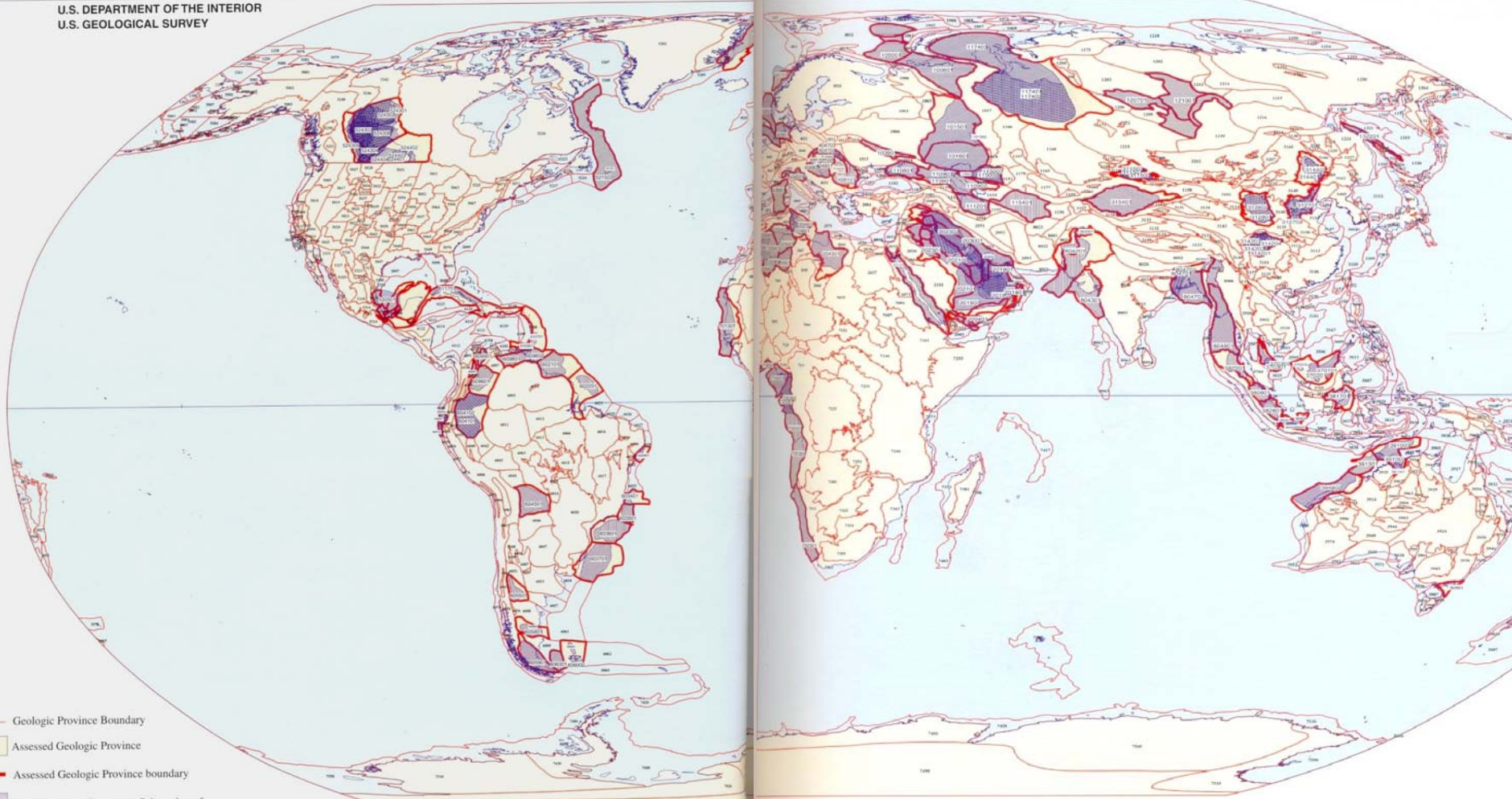
Paleógeno: Posición temporal, Originalmente sinónimo de Eoceno

Evolución del Petróleo



Provincias geológicas del mundo (USGS, 2000)

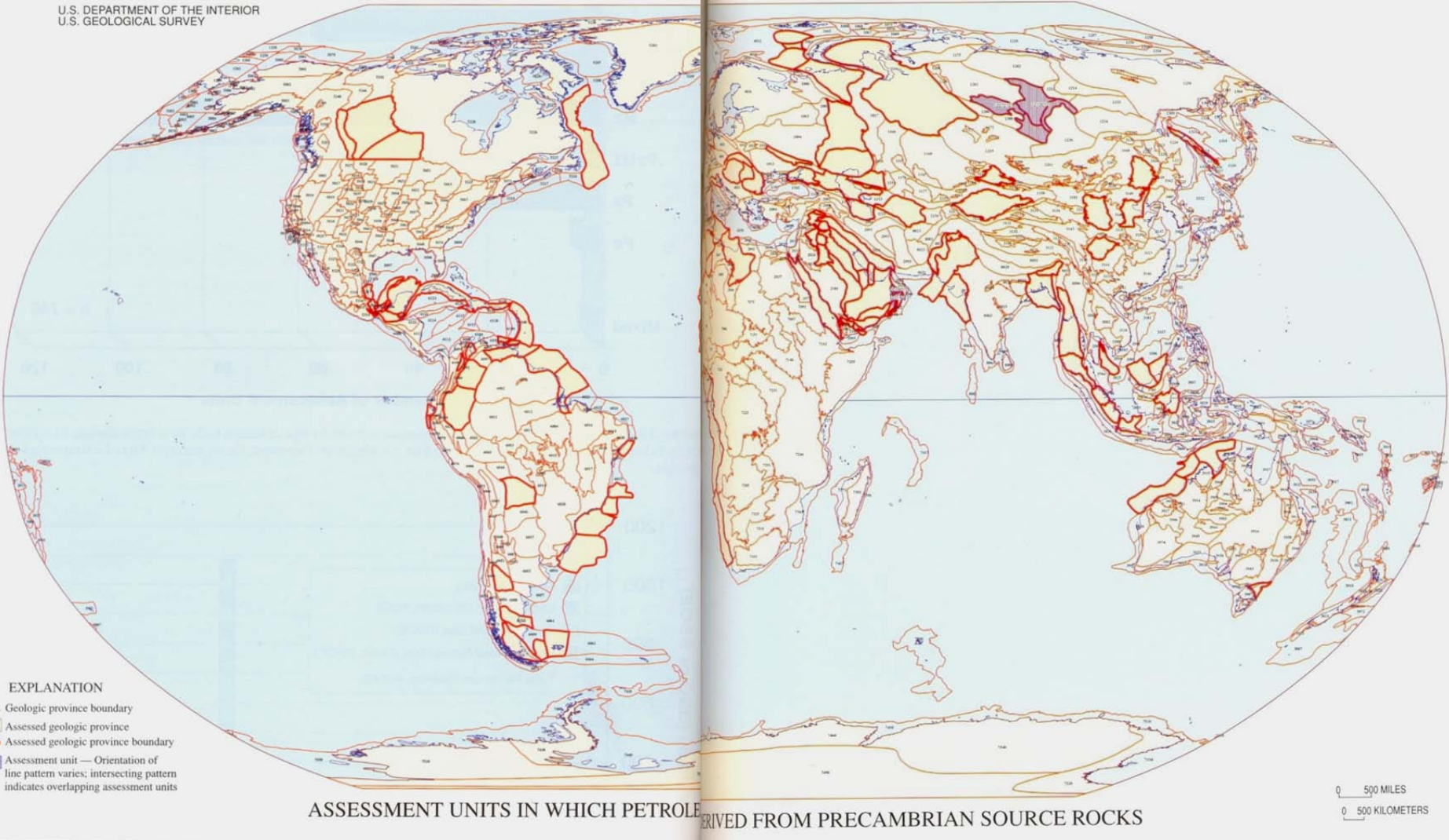
(Global Resource Estimates from Total Petroleum Systems, AAPG Memoir 86). Año 2005.



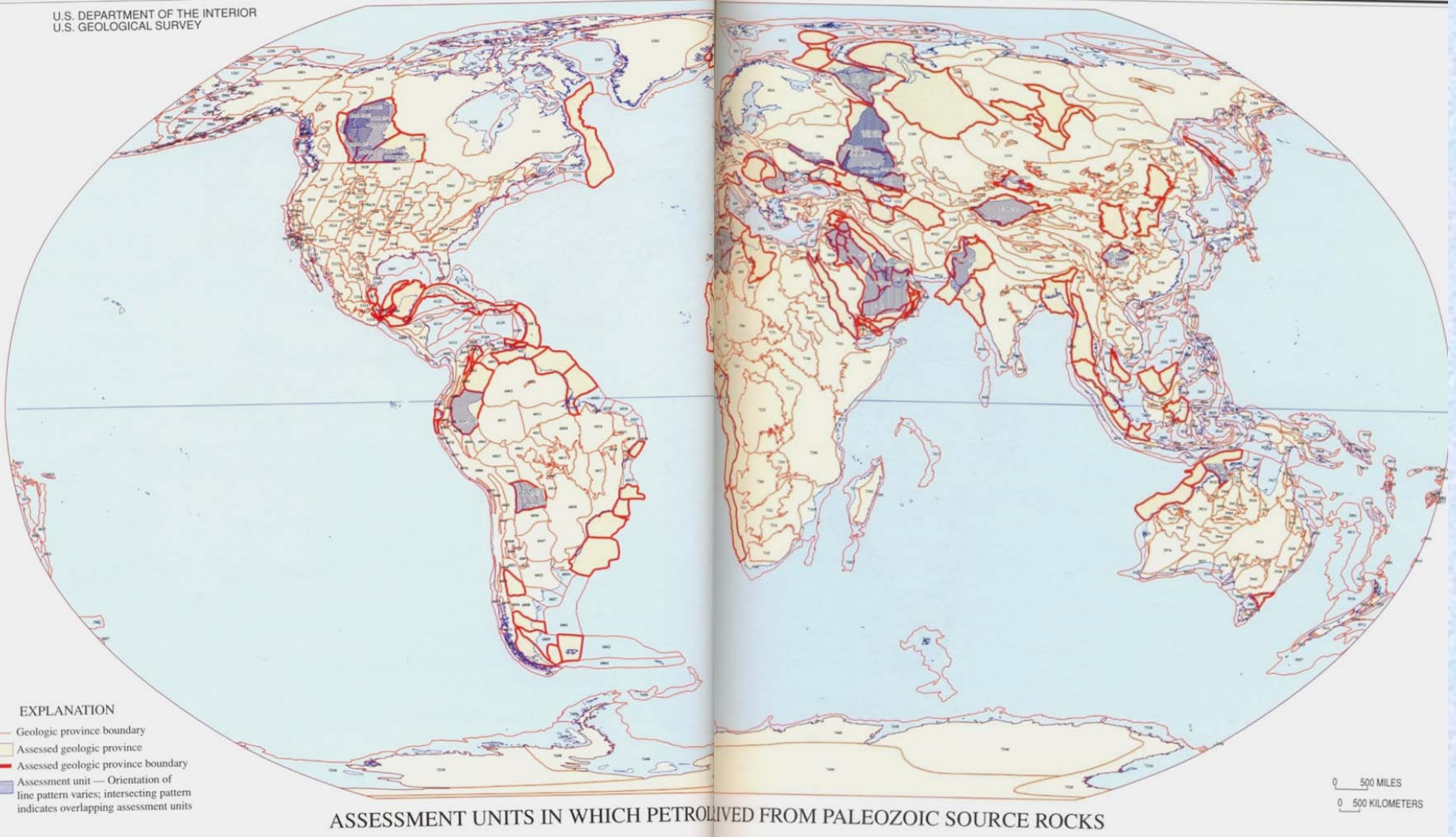
- Geologic Province Boundary
- Assessed Geologic Province
- Assessed Geologic Province boundary
- Total Petroleum System — Orientation of line pattern varies; intersecting pattern indicates overlapping total petroleum systems

WORLD PETROLEUM ASSESSMENT PROVINCES AND TOTAL PETROLEUM SYSTEMS

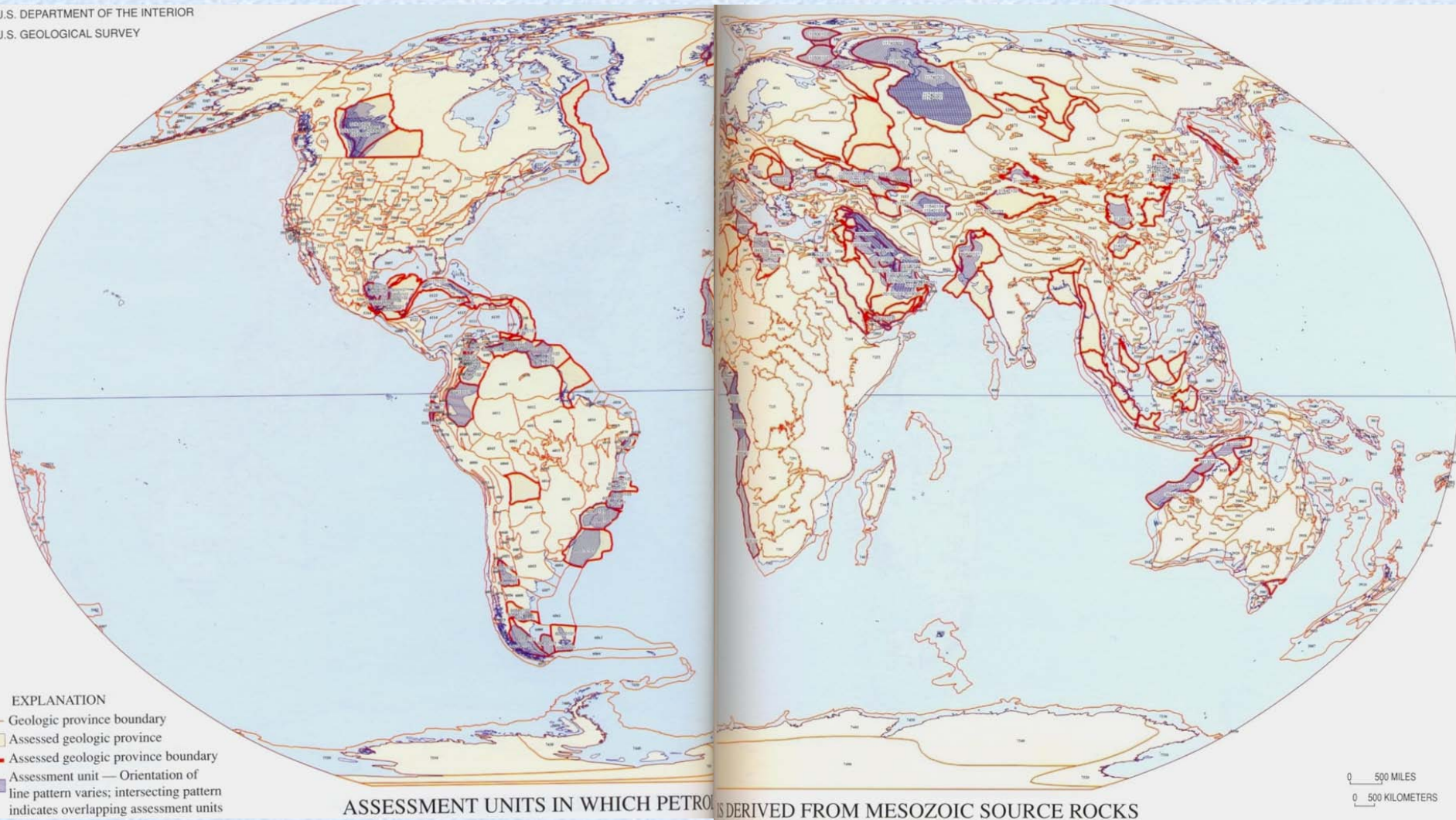
U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR
U.S. GEOLOGICAL SURVEY



Valoración de los Sistemas Petroleros Totales desde el Precámbrico



Rocas Generadoras desde el Paleozoico



Rocas Generadoras desde el Mesozoico

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR
U.S. GEOLOGICAL SURVEY



- EXPLANATION
- Geologic province boundary
 - Assessed geologic province
 - Assessed geologic province boundary
 - Assessment unit — Orientation of line pattern varies; intersecting pattern indicates overlapping assessment units

ASSESSMENT UNITS IN WHICH PETRO... RIVED FROM CENOZOIC SOURCE ROCKS

0 500 MILES
0 500 KILOMETERS

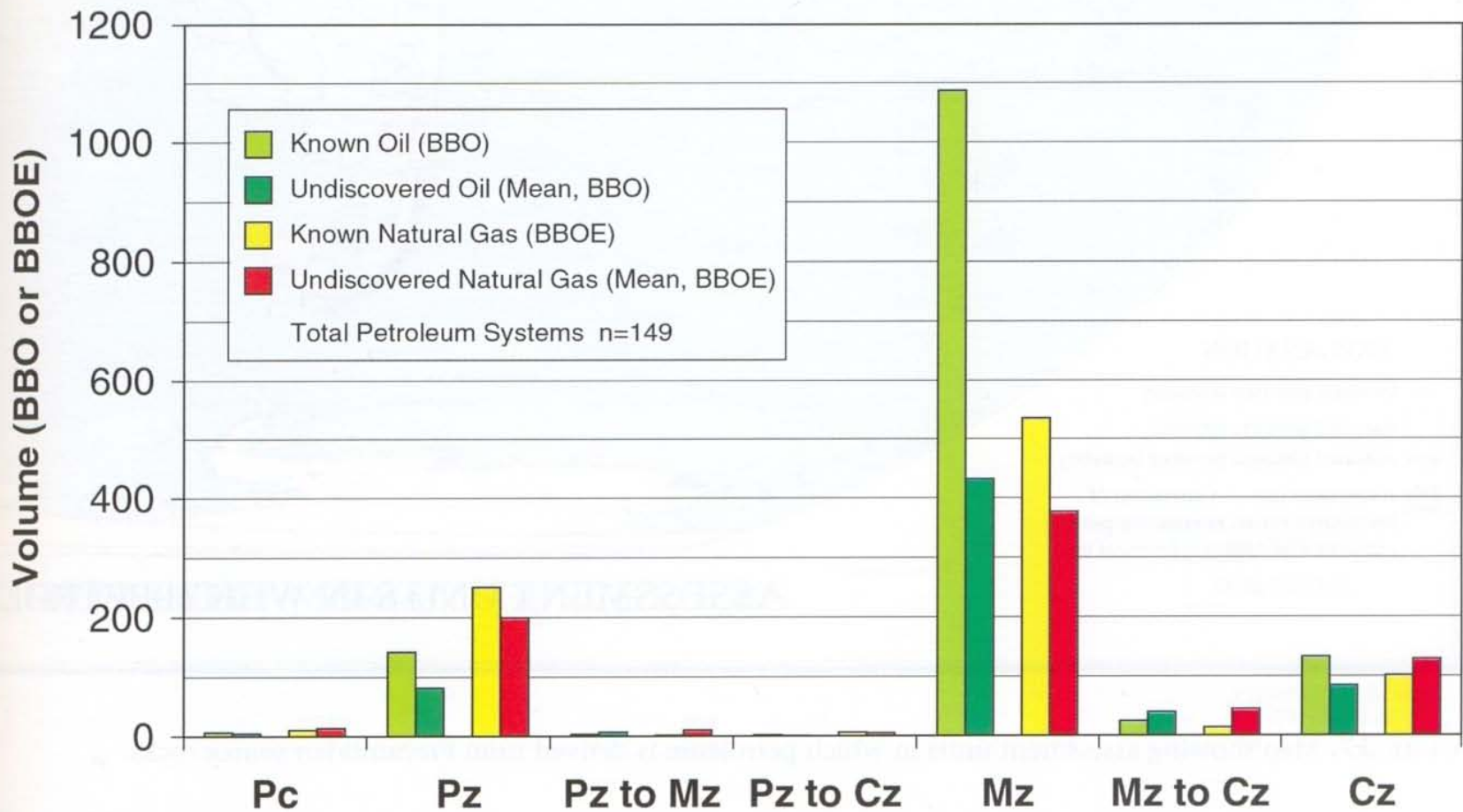


FIGURE 36. Distribution of mean estimated petroleum volumes of total petroleum systems by age of source rock. Known volume = cumulative production plus remaining reserves; undiscovered volume = estimated in this study. Pc = Precambrian; Pz = Paleozoic; Pz to Mz = Paleozoic–Mesozoic; Pz to Cz = Paleozoic–Cenozoic; Mz = Mesozoic; Mz to Cz = Mesozoic–Cenozoic; Cz = Cenozoic. BBO = billion barrels of oil; BBOE = billion barrels of oil equivalent.

Petróleo crudo equivalente (PCE): Suma del aceite crudo, condensado, líquidos de plantas y gas seco equivalente a líquido.

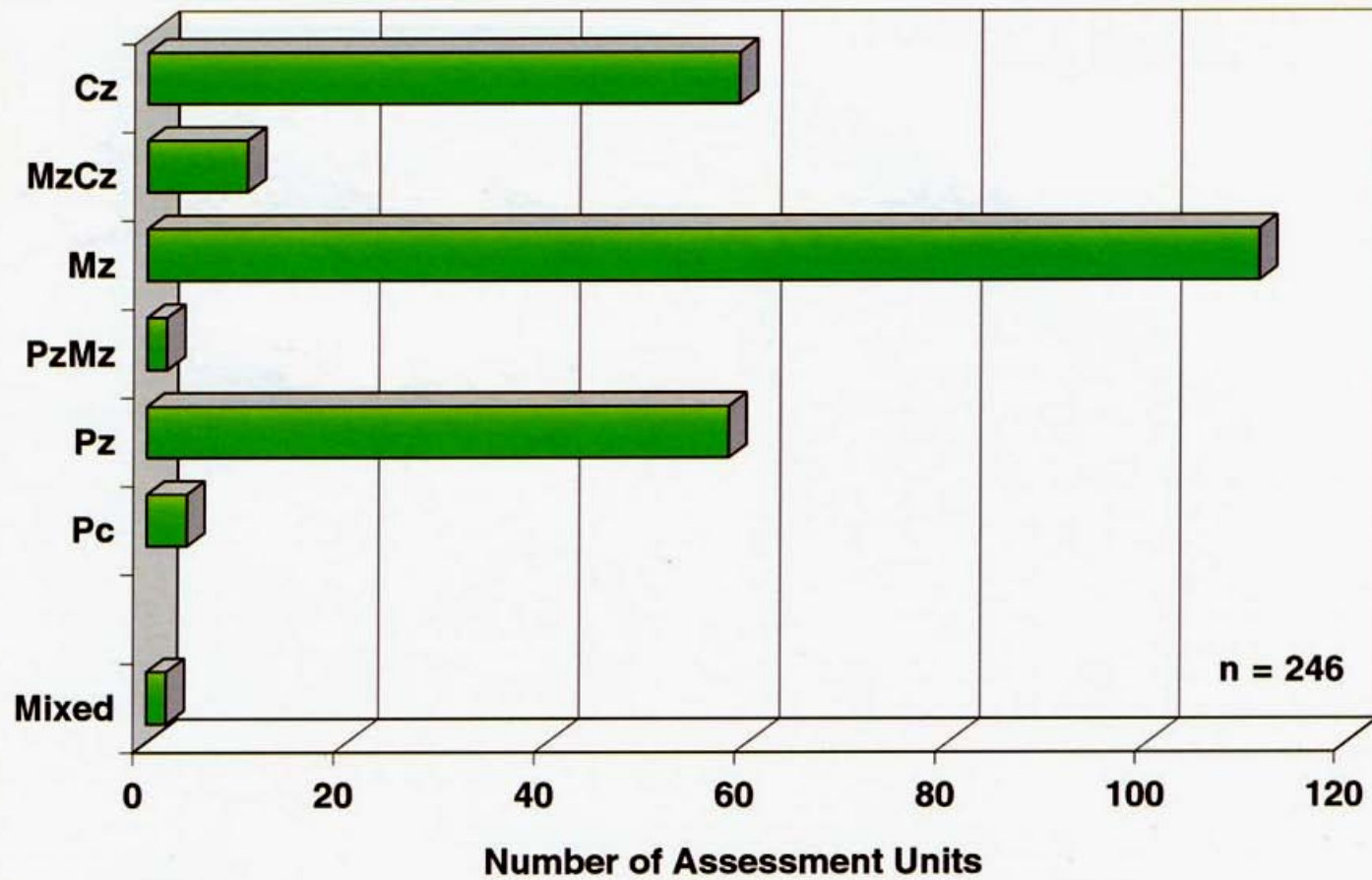


FIGURE 35. Numerical distribution of 246 assessment units by age of source rock. Pc = Precambrian; Pz = Paleozoic; PzMz = Paleozoic–Mesozoic; Mz = Mesozoic; MzCz = Mesozoic–Cenozoic; Cz = Cenozoic; Mixed = source rocks of multiple ages.

Geocronología (T. abs y relativo)

Tiempo relativo.-

Permite conocer el orden en que sucedieron una serie eventos

Tiempo absoluto.-

Permite asignar a un evento una fecha exacta de cuando ocurrió. Conocido también como geocronología cuantitativa.

Relativo (Cronoestratigrafía)

Acontecimientos en secuencia u orden apropiados sin conocer su edad absoluta en años

Principio de superposición

Principio de la sucesión faunística

Absoluto (Geocronometría)

Edad

Métodos para determinar edades

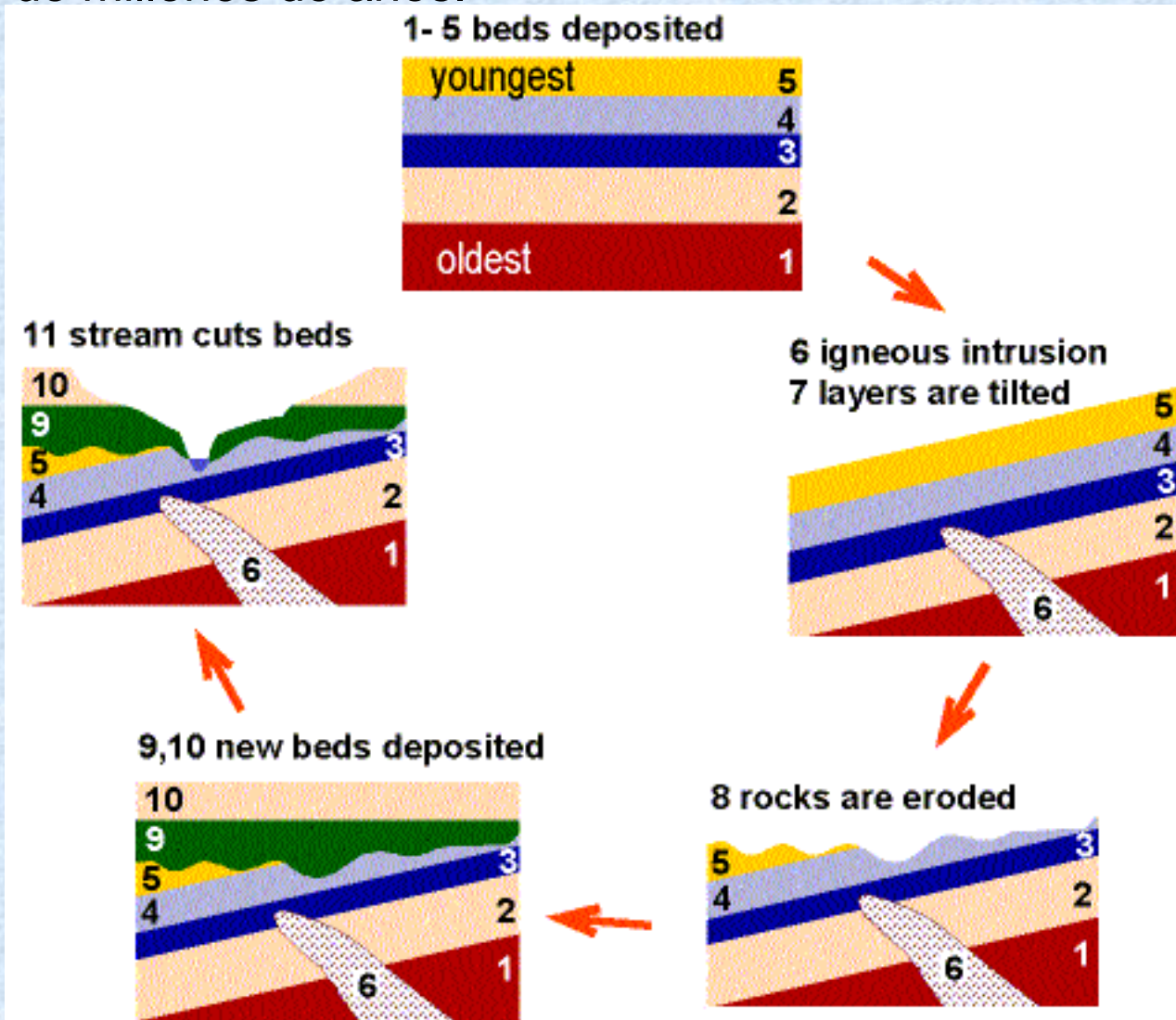


Fm. Coconino (260 Ma.)

Fm. Herimit (265 Ma.)

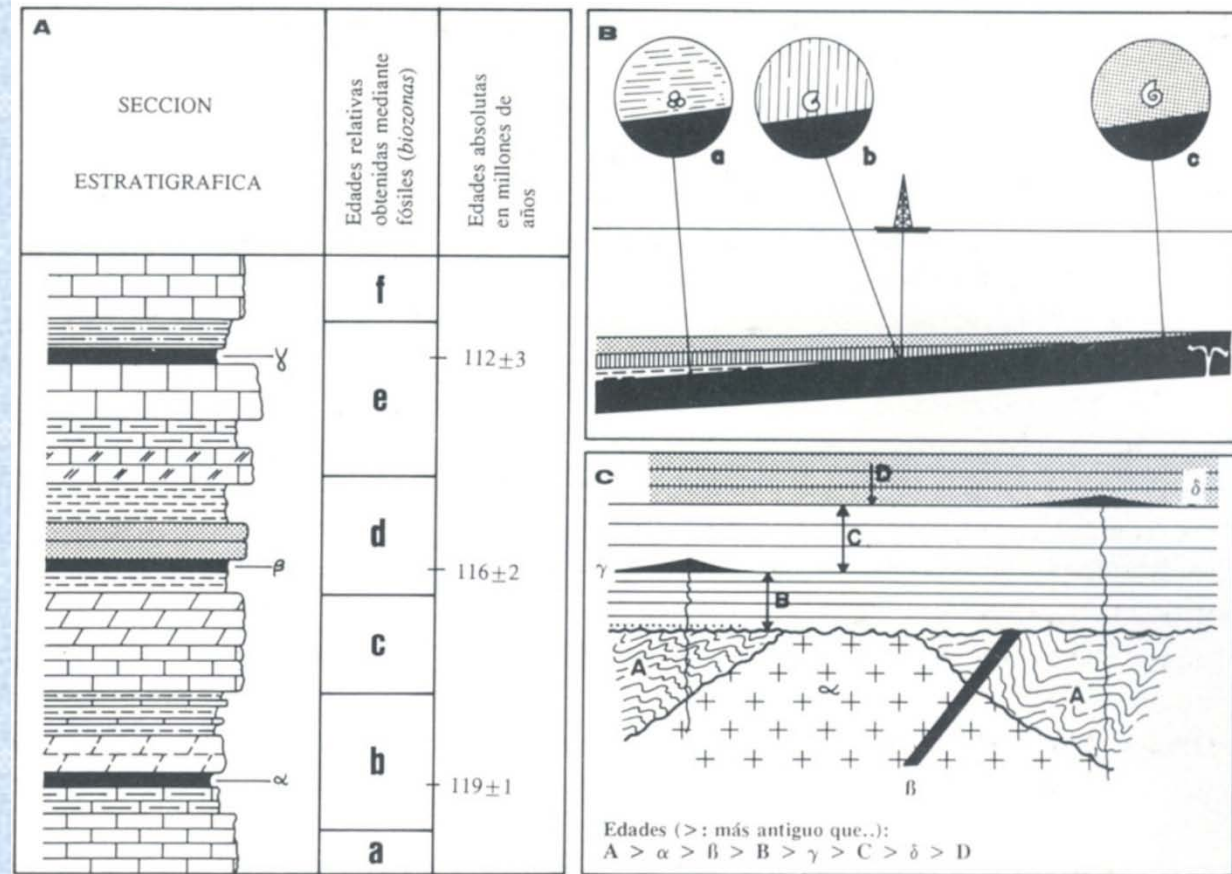
La Edad Relativa

La edad relativa que proporcionan los fósiles o las correlaciones, no determinan edades precisas, es decir, no proporcionan las fechas absolutas en términos de millones de años.



Fechaamiento Relativo

- ✓ Aplica los principios estratigráficos
- ✓ Sitúa los acontecimientos geológicos en orden secuencial (indica la sucesión de procesos)
- ✓ No indica con precisión el tiempo en que ocurrió cierto acontecimiento
- ✓ Da una posición en el registro geológico



- El concepto del tiempo y su medida han variado a través de la historia

¿Cuántos años o siglos tiene la tierra?



?

Metodologías que han intentado conocer la edad de la Tierra:

Método (autor, fecha)	Edad calculada de la Tierra	Principio / metodología
Cronología bíblica, (J. Ussher ; 1581–1656)	5,500 años.	Conteo de la cronología bíblica. Creación: 25 Octubre 4004 AC, a las 9:00 AM
Velocidad de sedimentación (Hutton, 1726–1797)	3 a 1,500 millones de años (Ma)	Principio del Uniformitarismo. Cálculo de tasas de sedimentación, medición de espesor acumulado de sedimentos y cálculo de tiempo transcurrido.
Salinidad del Océano (E. Halley, 1715) (Joly la desarrolla)	90-100 Ma	Océanos fueron inicialmente de agua dulce. Cálculo de la sal llevada anualmente al Océano por los ríos y del tiempo transcurrido para tener la salinidad actual
Velocidad de enfriamiento de la Tierra (1860-1870) (Kelvin, 1824-1907)	100 Ma	Cálculo de la edad de la tierra por el enfriamiento desde su formación. (No consideró calor por radioactividad)
Velocidad de evolución de los organismos (Lyell)	80 Ma a partir del inicio del Cenozoico	Observación y extrapolación de evolución de taxa de organismos en Cenozoico
Radio-isotopía (Becquerel, 1896 y otros después)	4,600 Ma	Decaimiento radioactivo natural. Fechamientos de meteoritos, rocas más antiguas de la Tierra y rocas lunares.

Fechaamiento Absoluto

- Becquerel, Curie, Strutt, Rutherford y Soddy, descubrieron el fenómeno de la radiactividad.
- Boltwood (1907) observó que la relación entre los dos elementos (U/Pb) era igual para rocas de la misma edad y variaba en rocas de distintas edades.
- Calculó el tiempo de inicio del proceso de desintegración que coincidía con el de la edad de la roca.
- Realizó nueve dataciones de rocas paleozoicas y precámbricas.
- Arthur Holmes (1890-1965), publicó en 1913 la primera tabla del tiempo geológico con edades absolutas.
- En 1917 Barrell marca el final de la controversia sobre la edad de la Tierra con una tabla en millones de años.
- La edad de las **rocas más antiguas** conocidas es de 3600-3800 Ma
- La **edad de la Tierra**, a partir de meteoritos y rocas lunares es de 4,600 Ma

- A la una de la madrugada del 8 de febrero de 1969, cuando la gente dormía, ocurrió lo inesperado.
- Un gran estruendo acompañado de una enorme luz incandescente, despertó a todos los pobladores del municipio **de Allende, en Chihuahua**. Se trataba de la explosión de un cuerpo celeste en su ingreso a la atmósfera: el meteorito Allende.
- Su caída pudo ser observada como una lluvia de estrellas en una buena parte del sur de Estados Unidos y varios estados del norte de México.



•Fragmento del meteorito con cóndrulos de calcio y aluminio.

¿Cómo han hecho los geólogos para determinar, con un cierto grado de certeza, por ejemplo, que el Triásico abarcó desde hace 245 hasta hace 208 Ma más o menos, con un error de uno a tres por ciento?

Estas fechas absolutas se determinan por **datación isotópicas**

Elementos químicos se presentan de tres formas distintas:

1. La normal (95-99 %)

2. Isótopos estables

3. Isótopos inestables (radioactivos)

1	1 H 1.0079																	18 He 4.0026
2	3 Li 6.941	4 Be 9.0122											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.18
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
4	19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.941	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.8
5	37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (97.91)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.29
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (261.1)	105 Db (262.1)	106 Sg (263.1)	107 Bh (262.1)	108 Hs (265.1)	109 Mt (266.1)	110 Uun (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)						

ISÓTOPOS

Son elementos que tienen igual número atómico (num de protones), pero diferente masa atómica.

Masa atómica = No. de protones + No. de neutrones

Ejemplo:	^{12}C	6 p	6 n	Forma mayoritaria
	^{13}C	6 p	7 n	Isótopo estable
	^{14}C	6 p	8 n	Isótopo radiactivo
		↑		
		Num. atómico		

Los métodos isotópicos, basados en el fenómeno de la radioactividad natural, son actualmente el fundamento de la geocronología cuantitativa.

Fechaamiento Absoluto

El reloj natural, que ha permitido a los geólogos medir la edad de ciertas rocas, se basa en el decaimiento de núcleos atómicos inestables.

Los científicos no saben cuando un simple núcleo va a decaer, y sólo conocen la probabilidad del tiempo en que éste decaiga, lo que normalmente se expresa como "vida media".

Una **vida media** es el tiempo que demora la mitad de los núcleos en decaer (lo que significa que en ese tiempo cada núcleo tiene un 50 % de probabilidad de decaer).

- Tiempo necesario para que un elemento radiactivo reduzca a la mitad su abundancia

Con la Geoquímica Isotópica obtenemos:

- La cuantificación del Tiempo Geológico.
- Se pueden obtener Trazadores naturales de los procesos geológicos.

Premisas Fundamentales (isótopos radiogénicos):

- El decaimiento radiactivo es **INDEPENDIENTE** de Temperatura, Presión y Composición, etc...
- Los isótopos de un mismo elemento son químicamente idénticos: Por lo tanto las reacciones químicas **NO MODIFICAN** la composición isotópica.

Bases de las técnicas isotópicas

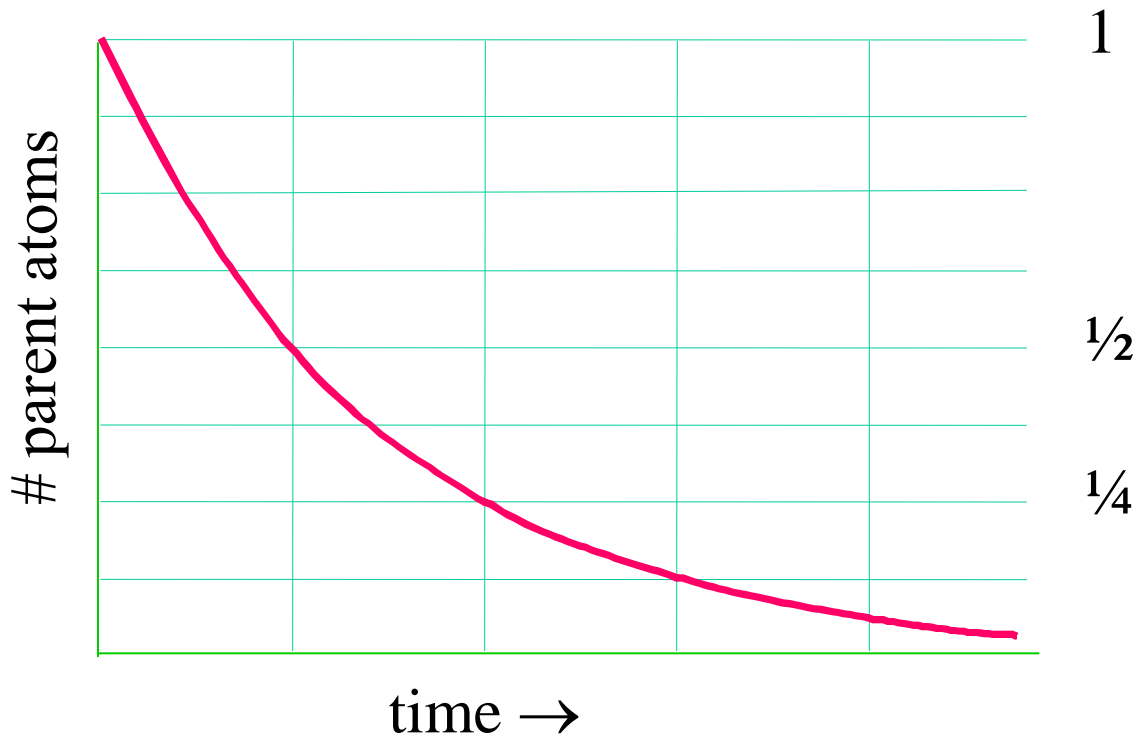
1. Un isótopo radiactivo **inicia su desintegración en el momento de formación de la roca.**
2. La desintegración **es irreversible** y con base en una ecuación exponencial

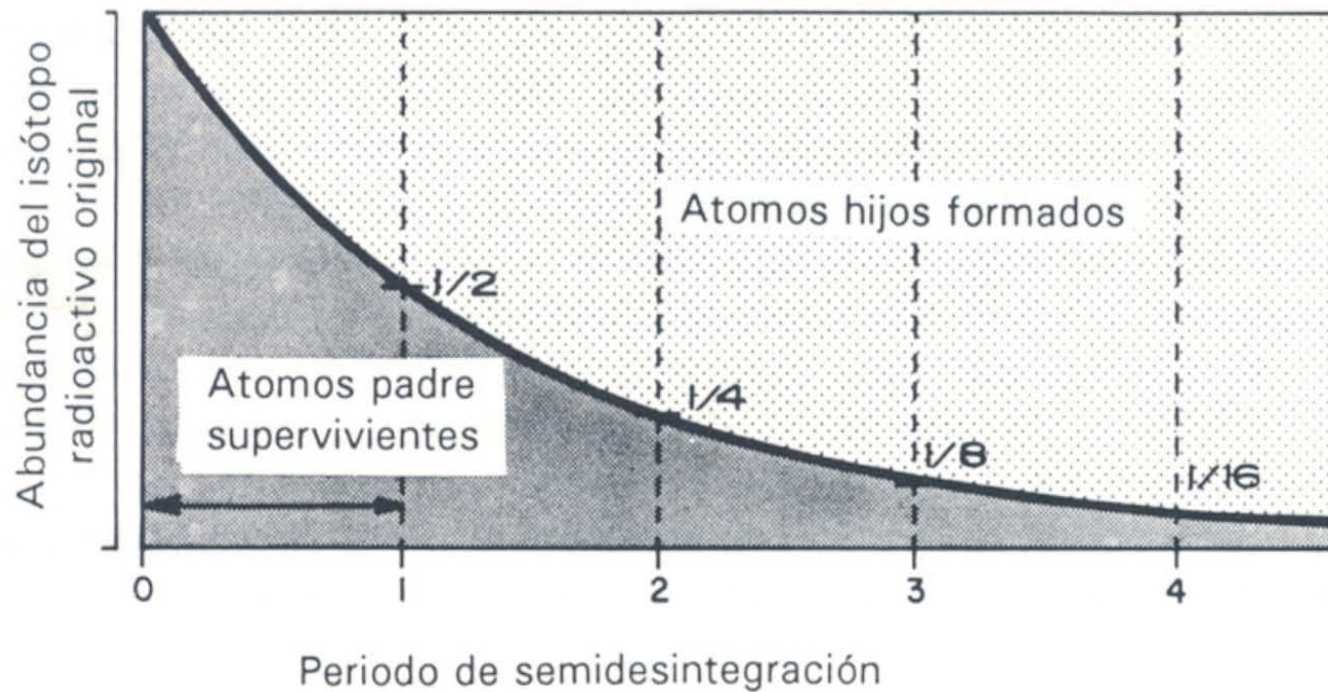
$$dP/dt = -\lambda P$$

Vida media o periodo de semidesintegración

Tiempo que tarda la mitad de los átomos de un isótopo radioactivo en desintegrarse en el isótopo hijo.

$$-\frac{dP}{dt} \propto P \quad \text{o} \quad -\frac{dP}{dt} = \lambda P$$





$$t = \frac{1}{\lambda} \log_n \left(1 + \frac{H}{P} \right)$$

Figura 4.2.- Gráfico en el que se muestra la relación entre átomo “padre” y átomo “hijo” en un proceso de desintegración radioactiva y en el que se muestra gráficamente el concepto de periodo de semidesintegración.

t: tiempo a medir

λ : la constante de desintegración

H: número de átomos del elemento hijo que hay en la roca o mineral.

P: número de átomos del elemento padre que quedan en la roca o mineral.

¿Y si quisiéramos saber el tiempo transcurrido para que el número de átomos radiactivos se reduzca en la mitad?

$$T_{1/2} = \frac{\text{Ln}2}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{\text{Ln}2}{T_{1/2}}$$

Vida media. En geocronología este concepto se refiere: al tiempo que tarda un isótopo radiactivo en disminuir a la mitad su concentración.

Esta ecuación proporciona la relación entre la vida media y la constante de decaimiento.

Por ejemplo: Rb: su vida media es de 4.88×10^{10} años, $\lambda = 1.42 \times 10^{-11}$ años (todavía no hemos pasado la primera vida media)

Materiales que pueden ser fechados

➤ Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

➤ Meteoritos, rocas lunares.

➤ Minerales: micas, anfíboles, zircón, apatito, feldespatos, granates, etc.

➤ Restos orgánicos, cerámica.

Métodos isotópicos:

- $^{187}\text{Re}/^{187}\text{Os} > 200\text{ma}$

-

- $^{147}\text{Sm}/^{143}\text{Nd} > 100\text{ma}$

- $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr} > 10\text{ma}$

-

- $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar} > 1\text{ma}$ ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} 0.1\text{ma}$)

- $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb} > 1\text{ma}$

- $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb} > 1\text{ma}$

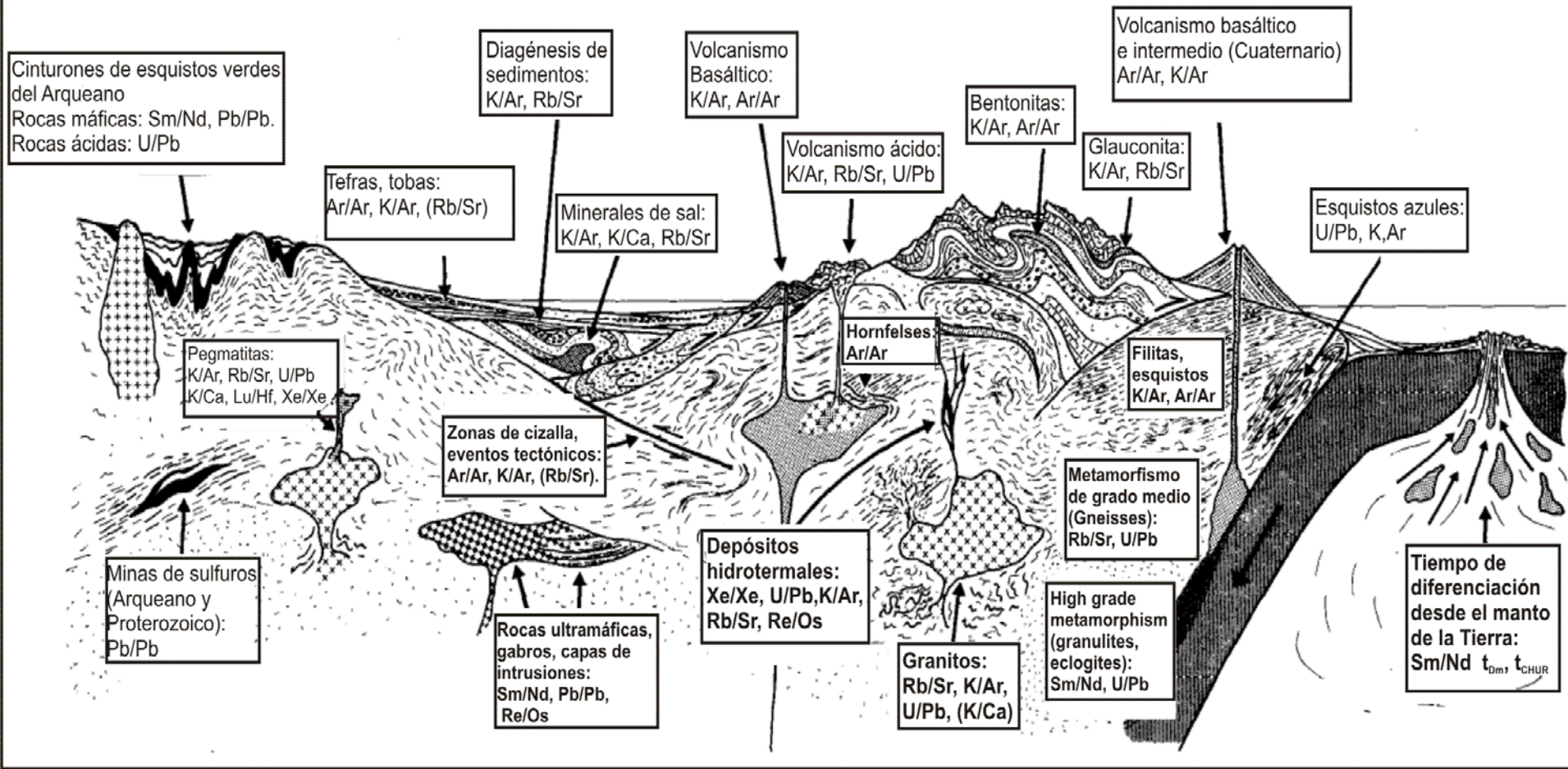
- $^{14}\text{C} < 50,000\text{a}$

- $^{210}\text{Pb} < 250\text{a}$

Características de los métodos

PADRES	HIJOS	VIDA MEDIA DE PADRES	RANGO DE FECHAMIENTO EFECTIVO	MINERALES, ROCAS Y OTROS MATERIALES QUE PUEDEN SER FECHADOS
Samario-147	Neodimio- 143		>100 ma	granates Rocas básicas, metamórficas condritas y rocas lunares
Rubidio-87	Estroncio-87	48,800 millones de años	>10 ma 10 - 4.600 ma	Micas, Feldespato-K Rocas metamórficas o ígneas félsicas
Potasio-40	11% a: Argón-40 (89% a: Calcio 40)	1,251 millones de años	>1 ma (>0.1 ma) 50,000 a - 4,600ma	Rocas ígneas, volcánicas y metamórficas: Feldespato, micas, anfíboles, vidrios volc.
Uranio-238	Plomo-206	4,500 mill. de años	>10 ma 10 - 4,600 ma	Zircon, Uraninita, Petchblenda, esfena, monacita
Uranio-235	Plomo-207	704 mill. de años	>1 ma	
Thorio-232	Plomo-208		>1 ma (>0.1 ma)	Zircon, Uraninita, Petchblenda
Plomo-210	Plomo- 206	22.3 años	< 250 años	sedimentos marinos y lacustres, no perturbados
Carbono-14	Nitrógeno-14	5,730 años	< 70,000 100 - 70,000 a	Materia orgánica: madera, carbón, turba, etc. CaCO ₃ . y agua y hielo con CaCO ₃ disuelto.

PADRES	TIPO DECAIMIENTO	HIJOS	VIDA MEDIA DE PADRES	RANGO DE FECHAMIENTO EFECTIVO	MINERALES, ROCAS Y OTROS MATERIALES QUE PUEDEN SER FECHADOS
Uranio-238	Emisión de partícula α , partícula β , radiación γ	Plomo-206	4,500 millones de años	4,600 – 1 ma. >10 ⁶ ma	Zircon, Uraninita, Petchblenda, esfena, monacita
Uranio-235		Plomo-207	704 millones de años	10 ⁶ ma	Zircon, Uraninita, Petchblenda, esfena, monacita
Thorio-232		Plomo-208	14,000 millones de años	>10 ⁶ ma	Zircon, Uraninita, Petchblenda
Rubidio-87	Emisión de $-\beta$	Estroncio-87	48,800 millones de años	4,600 – 10 ma >10 ⁷ ma	Rocas metamórficas o ígneas: Muscovita, Biotita, Feldespato potásico, hornblenda, roca total
Potasio-40	Captura de electrón	11% a: Argón-40 (89% a: Calcio 40)	1,251 millones de años	4,600 m.a.- 50,000 años	Rocas volcánicas y metamórficas: Feñdespato, micas, Hornblenda, Glauconita, roca total
Carbono-14	Emisión de partícula β	Nitrógeno-14	5,730 años	70,000 – 100 años	Materia orgánica: madera, carbón, turba, huesos y tejidos, conchas y otros tipos de CaCO ₃ . Agua del subsuelo, oceánica y hielo de glaciares con CaCO ₃ disuelto



Representación esquemática donde se observa la aplicación de los diferentes métodos en términos de su tipo de roca y evento geológico.

Otros métodos:

inversiones de polaridad magnética: escala de polaridad magnética.

Epocas	Eventos	Polaridad: <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; background-color: white;"></div> inversa <div style="width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; background-color: black;"></div> normal </div>	Edad en millones de años (Ma)
Bruhnes (normal)			1 Ma
Matuyama (inversa)	Olduvai		
			2 Ma
Gauss (normal)	Kaena Mammoth		3 Ma
Gilbert (inversa)	Cochiti		4 Ma

Otros métodos:

Daño en red cristalina: Termoluminiscencia o trazas de fisión.

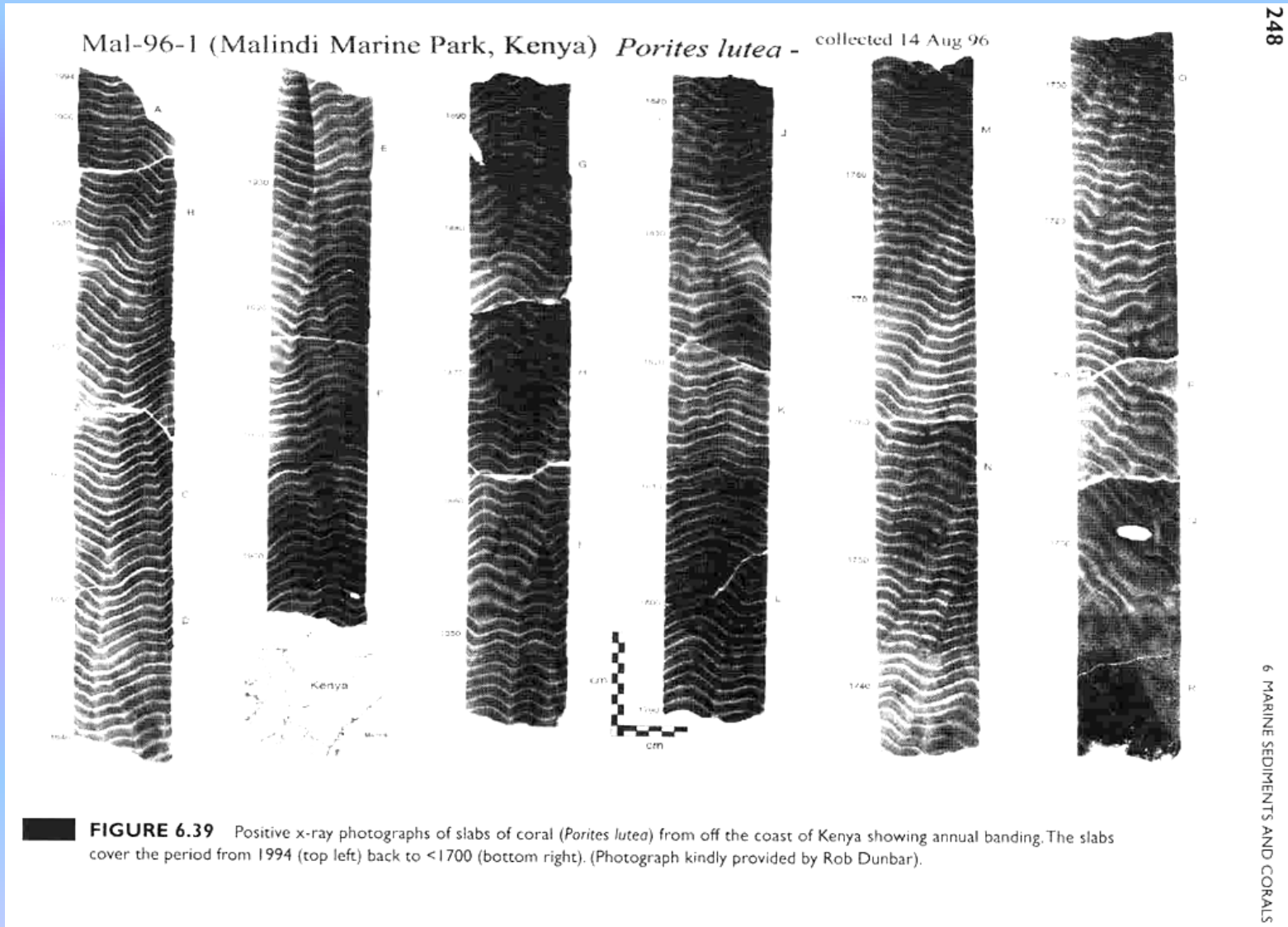
Variación secular del campo magnético: escala de variación secular.

Hidratación de obsidianas y racemización de aminoácidos: velocidad de alteración química, depende de temperatura y humedad.

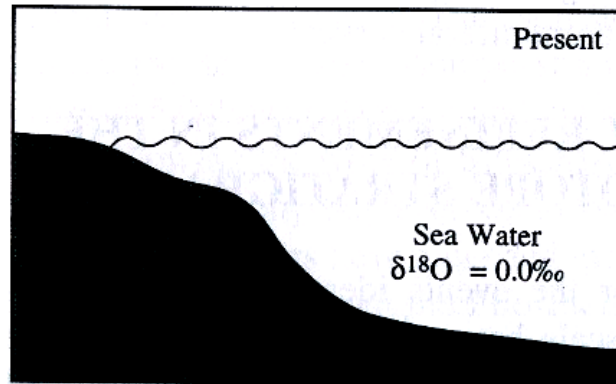
Procesos anuales: generan patrones anuales de sedimentos (varves) o en estructuras biológicas (arboles-dendrocronología, corales).

Corales (Scleractinia) hermatípicos: constructores de arrecifes

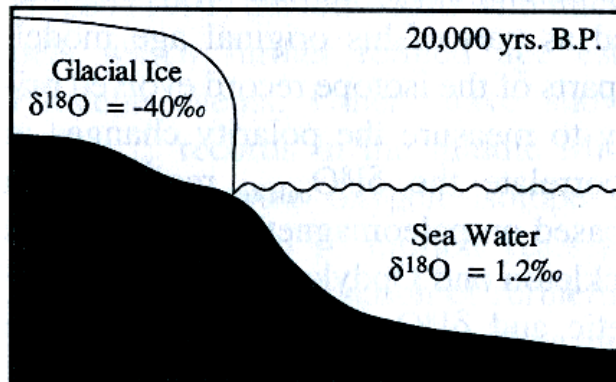
Profundidad: 0-20m, Temperatura: >18-20°C, aguas claras



$\delta^{18}\text{O}$ COMO REGISTRO DEL VOLUMEN DE HIELO EN EL PLANETA



Mean Depth of Oceans
= 4000 m
 $\delta^{18}\text{O} = 0.0\text{‰}$



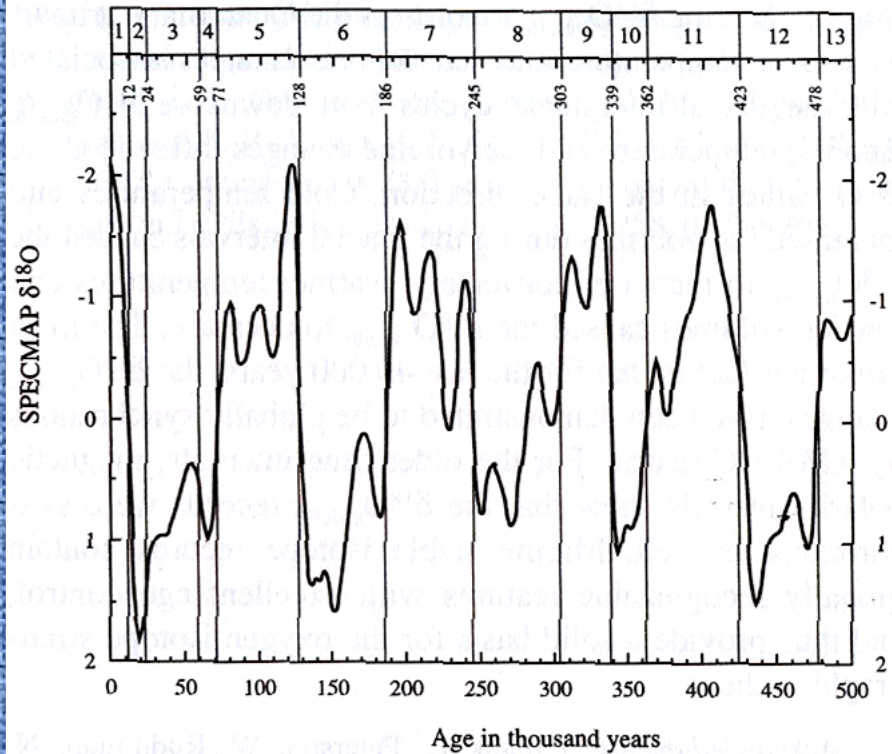
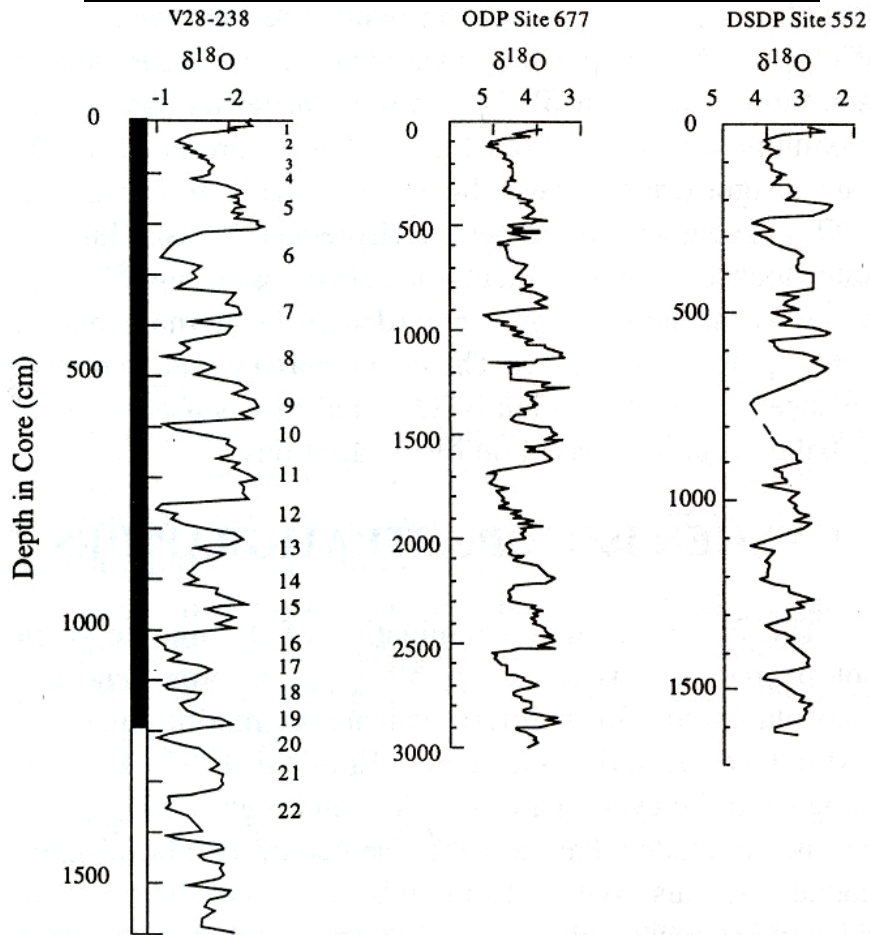
$\Delta\text{Sea Level} = 120 \text{ m}$
 $120\text{m}/4000\text{m} = 0.03$
 $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{water}} = 1.2 \text{‰}$
 $0.0\text{‰} - (-40\text{‰} \times 0.03)$

ESTADÍOS DE $\delta^{18}\text{O}$

W Eq.
Pacific

E Eq.
Pacific

North
Atlantic



Bibliografía

- Alvarez, W, 1998, Tyrannosaurus rex y el cráter de la muerte, Ed. Crítica, Madrid, 201 p.
- Burchfield, J.D., 1990, Lord Kelvin and the age of the Herat, Chicago Press, 267 p.
- Espíndola, J.M., 1995, El tercer planeta, edad, estructura y composición de la Tierra, 3ª, reimp., Col. La Ciencia desde México 74, 125 p.
- Harland, W.B., Armstrong, R.L., Craig, L.E., Smith, A.G., Smith, D.G., 1990, A geological time scale 1989, Cambridge University Press, 263 p.
- Tarbuck, J.E. y Lutgens, F.K., 2000, Ciencias de la Tierra, Ed. Prentice Hall, 6 ed., 539 p.

Sitios de interes

<http://www.stratigraphy.org/>