

Interacciones e Historia de los Sistemas Terrestres

Licenciatura en Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias, UNAM

Dra. Margarita Caballero
maga@geofisica.unam.mx

Dra. Cecilia Caballero
cecilia@geofisica.unam.mx

Isaac Hernández Montero

Facebook:

[https://www.facebook.com/groups/1025.SistemasTerrestres/
1025.SistemasTerrestres@groups.facebook.com](https://www.facebook.com/groups/1025.SistemasTerrestres/1025.SistemasTerrestres@groups.facebook.com)

<http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-ST/Objetivo.html>

Objetivos del Curso

- Que el alumno integre, desde una visión sistemática, histórica y holística, los conocimientos adquiridos sobre los procesos y características de los diferentes sistemas terrestres (Litosfera, Hidrosfera, Atmósfera y Biosfera). Además de generar una cultura sobre la historia de la Tierra y la interacción de los sistemas terrestres, se trata de que el alumno ejercite su capacidad de abstracción y síntesis, así como sus habilidades de investigación documental y disertación escrita.

Condiciones del Curso:

- Asistencia puntual (10 min tolerancia).
- No consumir alimentos dentro del salón de clase.
- No celulares o equivalentes.
- Entregar tareas (75%) **originales**. El plagio es un delito y esto incluye copiar de sus compañeros y de paginas de internet, libros, etc.
- Presentar y **aprobar todos** los exámenes (4 a 5 / semestre).
- No existe el NP a partir del primer examen.

Marco teórico de referencia:

- Biología General
- Geología General
- Ecología
- Introducción a Ciencias de la Tierra
- Sedimentología y Estratigrafía

- Evolución estelar y exploración planetaria
- Hipótesis sobre el origen y evolución del sistema solar.
- **Teoría de la tectónica de placas.**
- Hipótesis sobre el origen de la vida.
- **Teoría de la evolución de las especies.**
- Termodinámica de sólidos, agua y gases atmosféricos.
- Isótopos: fraccionamiento y decaimiento radioactivo.
- Conceptos estratigráficos básicos
- Tabla cronoestratigráfica internacional (www.stratigraphy.org), descargar el archivo en pdf, imprimirlo y enmarcarlo.

Tarea 1: Ensayo Teoría Tectónica de Placas.

Desarrollo histórico y evidencias iniciales: Wegener

Teoría actual y evidencias definitivas.

Límites de placas convergentes, divergentes y transcurrentes

Márgenes activas y pasivas

Cuencas sedimentarias y tectónica de placas

Magmatismo en el marco de la tectónica de placas

Cinturones metamórficos, faja orogénica u orógeno, cratón

Tarea 2: Ensayo Teoría Evolución de las Especies.

Desarrollo histórico y evidencias iniciales: Lamarck, Darwin, Wallace, Mendel

Teoría actual y evidencias definitivas.

Herencia, DNA-RNA, mutaciones, Selección natural, deriva genética, mecanismos de especiación, extinción.

. Bibliografía: Por lo menos 2 referencias de libros, capítulos de libros, artículos científicos, máximo 2 paginas web que deben de ser de instituciones académicas de prestigio.

. Máximo 3 cuartillas en cada caso.

Estratigrafía

- El estudio de las relaciones espacio- temporales de los cuerpos de roca a través del análisis de la litología, estructuras primarias, contactos y discontinuidades de las secuencias que forman la corteza.

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

- Continuidad lateral
- Horizontalidad inicial
- Superposición
- Relaciones de corte
- Sucesión faunística (bioestratigrafía)



Steno, 1638-1683

Steno's Three Principles
(Nicholas Steno 1669)

Conceptual starting points:

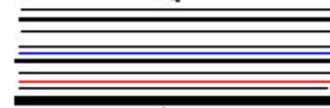
Original lateral continuity



Original horizontality



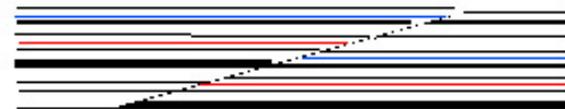
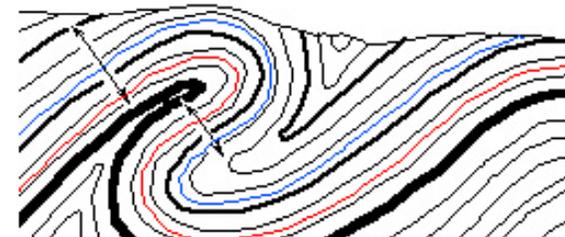
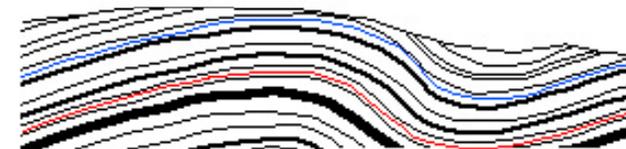
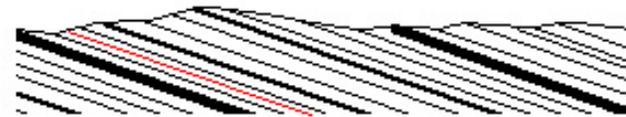
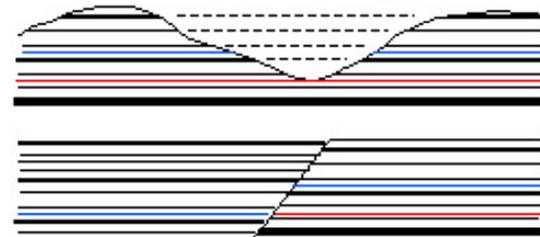
Superposition
(younger over older)



Youngest of layers shown

Oldest of layers shown

Structures observed in layered rocks



So how do the things on the left become the things on the right?

Estratigrafía: permite definir el tiempo relativo

Así se definió inicialmente la Tabla Geológica del Tiempo:

Se infirió, por la posición estratigráfica y contenido de fósiles de las rocas que lo representan, que el Carbonífero era mas joven que el Devónico.

Las diferencias entre las distintas edades estaban definidas por características contrastantes de las rocas, sobretodo de sus fósiles.

Bioestratigrafía

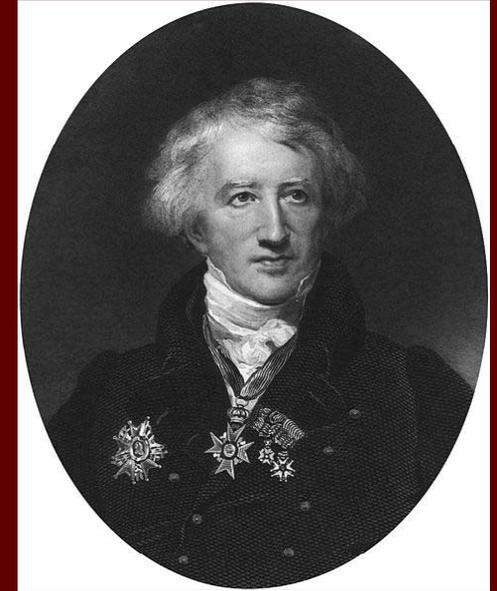
- Reconocimiento de la sucesión de conjuntos de fósiles en una sucesión de estratos.
- La exitosa demostración y confirmación de la presencia de estas sucesiones en otras localidades y regiones.
- La percepción de que la similitud entre conjuntos de fósiles indicaba similitud en edad
- Irreversibilidad de la evolución

La gran controversia del XVIII

- Cuvier (1769-1832), Beaumont (1798-1874) y el Catastrofismo

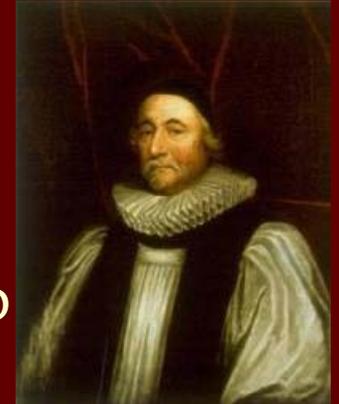
El registro geológico (incluidos los cambios en contenido de fósiles) se explica por eventos repentinos o catástrofes durante las cuales operaron fuerzas hoy inexistentes.

Se basa en una cronología “corta” de la Tierra, lo que hace necesario eventos catastróficos para explicar los rasgos observados.



La gran controversia del XVIII

¿Cómo saber la edad de la Tierra?



- Arsobispo Ussher (Irlandés), 1581-1656 = siguiendo la Biblia calcula la edad de la Tierra en 5,500 años. (4004 aC)
- Hutton (Escocés), 1726-1797 = Calcula la edad de la Tierra por el tiempo de acumulación de sedimentos, en 1.5 a 3 ma.
- Halley (Británico), 1715 = Calcula la edad de la Tierra por la salinidad del mar 90 ma.
- Kelvin (Británico), 1824-1907 = Calcula la edad de la Tierra por enfriamiento en ca. 50 ma (20 a 100 ma)

La gran controversia del XVIII

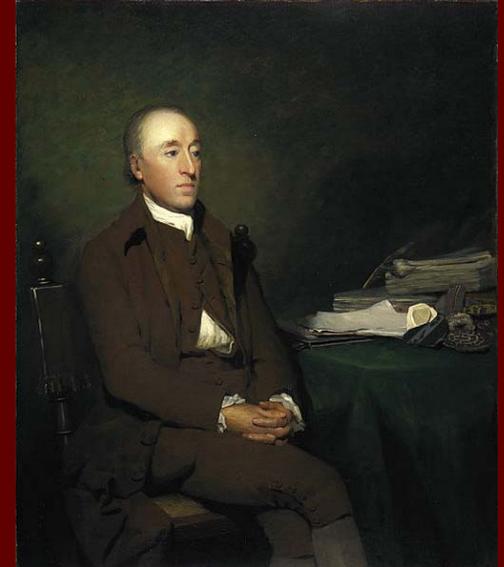
- Hutton (1726-1797), Lyell (1797-1875) y el Uniformitarismo

El registro geológico (incluidos los cambios en el contenido de fósiles) se explica por eventos graduales que dependen de las fuerzas iguales a las que vemos operar hoy en día en el ambiente.

“El presente es la clave del pasado”

Se basa en una cronología “larga” de la Tierra, por lo que hay suficiente tiempo para que ocurran los procesos de forma gradual.

“No se ve rastro de un principio ni se vislumbra un final”



¿Cómo sabemos la edad de algún evento en la Tierra?

TIEMPO ABSOLUTO

Métodos radio-istópicos
(decaimiento radiactivo)

¡4,600 millones de años!

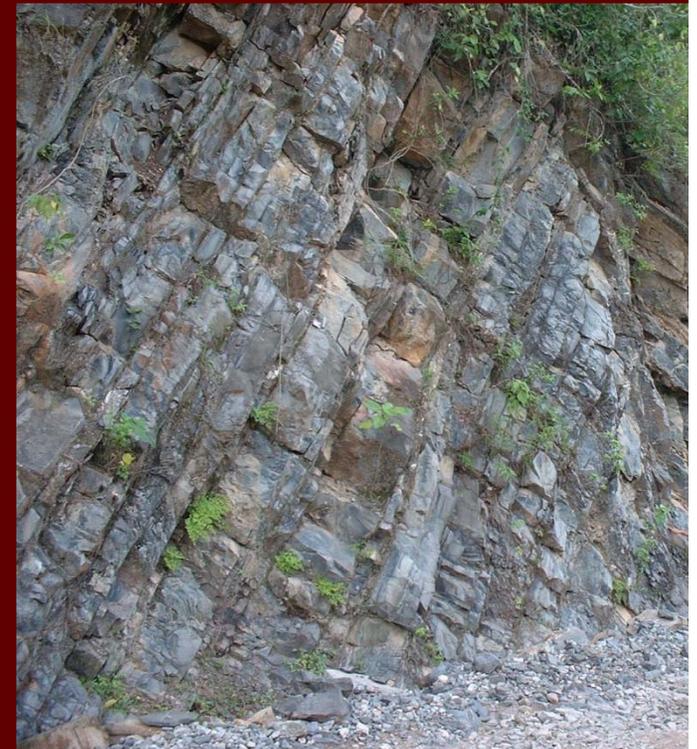
La Paleontología y la Bioestratigrafía

Unidades estratigráficas representadas por secuencias de rocas reales que se formaron en un determinado tiempo.

Unidades cronológicas abstractas, solo miden tiempo.



Divisiones Cronoestratigráficas	Divisiones Geocronológicas
Eontema	Eón
Eratema	Era
Sistema	Período
Serie	Época
Piso	Edad
Cronozona	Zona





INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



eonothem Eon	erathem Era	system Period	series Epoch	stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Holocene	Upper	0.0115	
				Middle	0.126	
				Lower	0.781	👉
			Pleistocene	Gelasian	1.806	👉
				Placenzian	2.588	👉
				Zanclean	3.600	👉
		Pliocene	Messinian	5.332	👉	
			Tortonian	7.246	👉	
			Serravallian	11.608	👉	
			Langhian	13.65	👉	
			Burdigallian	15.97	👉	
			Aquitanian	20.43	👉	
		Oligocene	Chattian	23.03	👉	
			Rupelian	28.4 ± 0.1	👉	
			Eocene	Priabonian	33.9 ± 0.1	👉
				Barthonian	37.2 ± 0.1	👉
				Lutetian	40.4 ± 0.2	👉
			Paleocene	Ypresian	48.6 ± 0.2	👉
	Thanetian	55.8 ± 0.2		👉		
	Selandian	58.7 ± 0.2		👉		
	Danian	61.7 ± 0.2		👉		
	Maastrichtian	65.5 ± 0.3		👉		
	Campanian	70.6 ± 0.6		👉		
	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Santonian	83.5 ± 0.7	👉
				Coniacian	85.8 ± 0.7	👉
				Turonian	89.3 ± 1.0	👉
				Cenomanian	93.5 ± 0.8	👉
			Lower	Albian	99.6 ± 0.9	👉
				Aptian	112.0 ± 1.0	👉
				Barremian	125.0 ± 1.0	👉
				Hauterivian	130.0 ± 1.5	👉
		Jurassic	Upper	Valanginian	136.4 ± 2.0	👉
				Berriasian	140.2 ± 3.0	👉
				Tithonian	145.5 ± 4.0	👉
Kimmeridgian				150.8 ± 4.0	👉	
Middle			Oxfordian	155.7 ± 4.0	👉	
			Callovian	161.2 ± 4.0	👉	
			Bathonian	164.7 ± 4.0	👉	
			Bajocian	167.7 ± 3.5	👉	
Lower	Aalenian	171.6 ± 3.0	👉			
	Aalenian	175.6 ± 2.0	👉			
	Toarcian	183.0 ± 1.5	👉			
	Pliensbachian	189.6 ± 1.5	👉			
Paleozoic	Permian	Lopingian	Changhsingian	196.5 ± 1.0	👉	
			Wuchiapingian	251.0 ± 0.4	👉	
			Guadalupian	253.8 ± 0.7	👉	
		Cisuralian	Wordian	260.4 ± 0.7	👉	
			Roadian	265.8 ± 0.7	👉	
			Kungurian	268.0 ± 0.7	👉	
	Triassic	Upper	Artinskian	270.6 ± 0.7	👉	
			Sakmarian	275.6 ± 0.7	👉	
			Asselian	284.4 ± 0.7	👉	
		Middle	Gzhelian	294.6 ± 0.8	👉	
			Rhettian	299.0 ± 0.8	👉	
			Norian	303.9 ± 0.9	👉	
Silurian	Lower	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉		
		Moscovian	311.7 ± 1.1	👉		
		Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉		
	Upper	Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉		
		Visean	326.4 ± 1.6	👉		
		Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉		

eonothem Eon	erathem Era	system Period	series Epoch	stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Lower	Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉
				Visean	326.4 ± 1.6	👉
				Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉
			Middle	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉
				Moscovian	311.7 ± 1.1	👉
				Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉
		Upper	Gzhelian	294.6 ± 0.8	👉	
			Rhettian	299.0 ± 0.8	👉	
			Norian	303.9 ± 0.9	👉	
		Silurian	Lower	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉
				Moscovian	311.7 ± 1.1	👉
				Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉
	Upper		Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉	
			Visean	326.4 ± 1.6	👉	
			Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉	
	Mesozoic	Triassic	Lower	Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉
				Visean	326.4 ± 1.6	👉
				Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉
			Middle	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉
				Moscovian	311.7 ± 1.1	👉
				Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉
		Upper	Gzhelian	294.6 ± 0.8	👉	
			Rhettian	299.0 ± 0.8	👉	
			Norian	303.9 ± 0.9	👉	
Devonian		Lower	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉	
			Moscovian	311.7 ± 1.1	👉	
			Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉	
	Middle	Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉		
		Visean	326.4 ± 1.6	👉		
		Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉		
Upper	Gzhelian	294.6 ± 0.8	👉			
	Rhettian	299.0 ± 0.8	👉			
	Norian	303.9 ± 0.9	👉			

eonothem Eon	erathem Era	system Period	series Epoch	stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Lower	Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉
				Visean	326.4 ± 1.6	👉
				Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉
			Middle	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉
				Moscovian	311.7 ± 1.1	👉
				Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉
		Upper	Gzhelian	294.6 ± 0.8	👉	
			Rhettian	299.0 ± 0.8	👉	
			Norian	303.9 ± 0.9	👉	
		Silurian	Lower	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉
				Moscovian	311.7 ± 1.1	👉
				Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉
	Upper		Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉	
			Visean	326.4 ± 1.6	👉	
			Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉	
	Mesozoic	Triassic	Lower	Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉
				Visean	326.4 ± 1.6	👉
				Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉
			Middle	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉
				Moscovian	311.7 ± 1.1	👉
				Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉
		Upper	Gzhelian	294.6 ± 0.8	👉	
			Rhettian	299.0 ± 0.8	👉	
			Norian	303.9 ± 0.9	👉	
Devonian		Lower	Kasimovian	306.5 ± 1.0	👉	
			Moscovian	311.7 ± 1.1	👉	
			Bashkirian	317.1 ± 1.3	👉	
	Middle	Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉		
		Visean	326.4 ± 1.6	👉		
		Tournaisian	345.3 ± 2.1	👉		
Upper	Gzhelian	294.6 ± 0.8	👉			
	Rhettian	299.0 ± 0.8	👉			
	Norian	303.9 ± 0.9	👉			

eonothem Eon	erathem Era	system Period	series Epoch	stage Age	Age Ma	GSSP GSSA
Precambrian	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	Ediacaran	542	👉
				Cryogenian	-630	👉
				Tonian	850	👉
		Meso-proterozoic	Stenian	1000	👉	
			Ectasian	1200	👉	
			Calymmian	1400	👉	
	Paleo-proterozoic	Statherian	1600	👉		
		Orosirian	1800	👉		
		Rhyacian	2050	👉		
	Archean	Neoarchean	Siderian	Siderian	2300	👉
				Gorstian	2500	👉
				Ludfordian	2500	👉
Mesoarchean		Homerian	Homerian	2800	👉	
			Sheinwoodian	3200	👉	
			Telychian	3200	👉	
Paleoarchean	Aeronian	Aeronian	3600	👉		
		Rhuddanian	3600	👉		
		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 ICS (Remane 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 United States Geological Survey (USGS). The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004) with Cambridge University Press.

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

This chart is copyright protected; no reproduction of any parts may take place without written permission by the International Commission on Stratigraphy

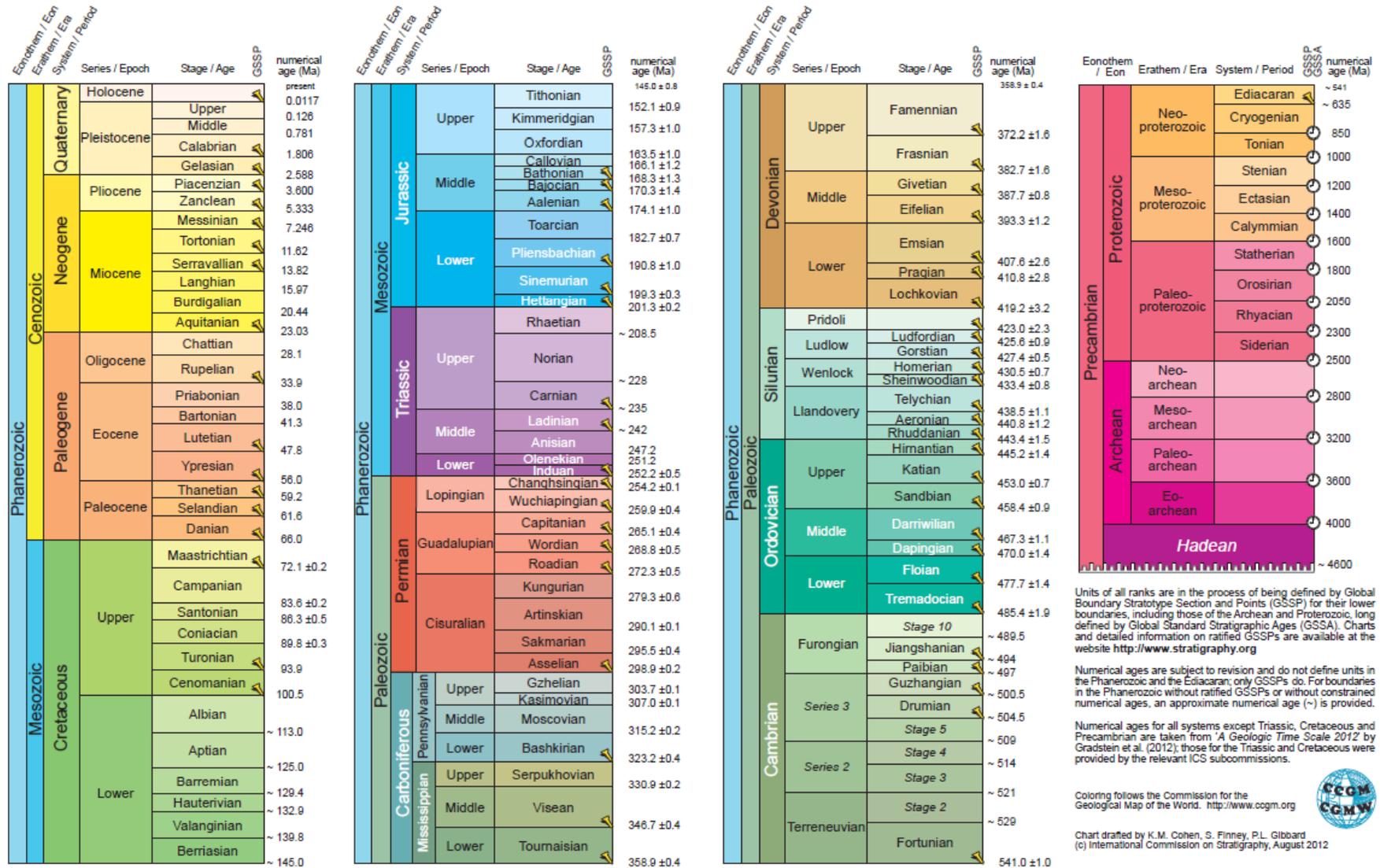
Copyright © 2004 International Commission on Stratigraphy



INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy
August 2012



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Numerical ages for all systems except Triassic, Cretaceous and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012); those for the Triassic and Cretaceous were provided by the relevant ICS subcommissions.

Coloring follows the Commission for the Geological Map of the World. <http://www.ccgw.org>

Chart drafted by K.M. Cohen, S. Finney, P.L. Gibbard (c) International Commission on Stratigraphy, August 2012



Uniformitarismo vs. Actualismo

Las leyes físicas, químicas y biológicas son universales en espacio y tiempo.



Marcas de oleaje actuales

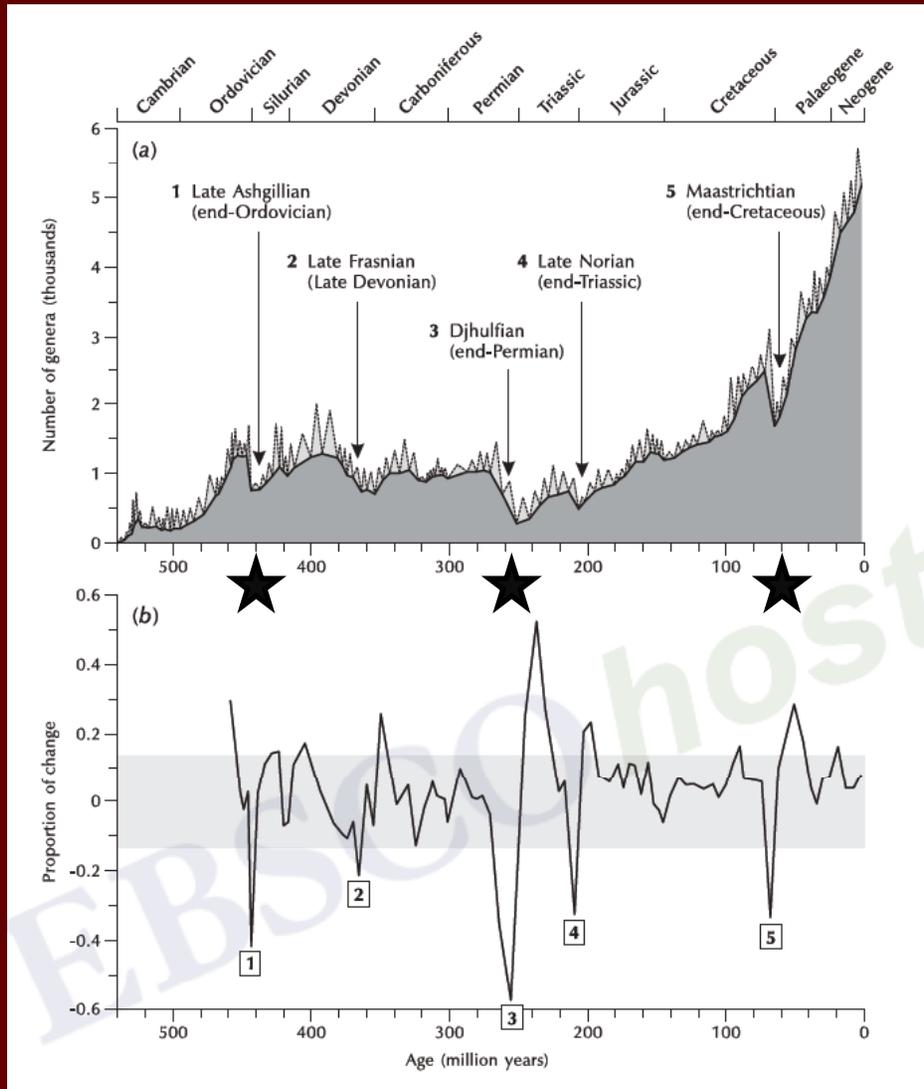


Marcas de oleaje fósiles

No implica necesariamente un enfoque gradualista.

Neo-catastrofismo

EXTINCCIONES: Desaparición del $\geq 20\%$ de spp.



1. Meteoritos
2. Vulcanismo - superplumas
3. Liberación hidratos carbono
4. Cambio Climático
5. Regresiones marinas
6. Eventos de anoxia marina

- **Ciclos de retroalimentación**

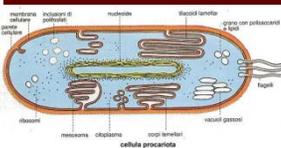
- **Negativo:** ocurre cuando un cambio en el sistema desencadena una serie de cambios que eventualmente neutralizan el cambio original, estabilizando el sistema.
- Ej. Aumento en CO₂ atmosférico, aumento en la tasa de fotosíntesis, incremento en biomasa, reducción de CO₂ atmosférico.

Positivo: ocurre cuando un cambio en el sistema desencadena una serie de cambios que eventualmente magnifican el cambio original, desestabilizando el sistema.

Ej. Presencia de hielo, aumenta el albedo, disminuye la cantidad de luz solar absorbida, reducen la temperatura superficial, aumentando todavía más la cubierta de hielo.

¿Qué es la vida?

- **Metabolismo: Unidad bioquímica de la vida**
- - C, O, H, N (S + P) = 99.9% biomasa
 - estructura y catálisis: proteínas (20 aminoácidos)
 - información: DNA-RNA (5 nucleótidos L: C-G, T(U)-A)
 - energía: ATP
 - Rutas metabólicas: glucólisis (glucosa **D**)
- **Nivel de complejidad**
 - moléculas - polímeros - **célula**
 - célula**- tejido - órgano
 - organismo - población - comunidad
 - ecosistema - biosfera



¿Qué es la vida?

- Reproducción:
 - asexual (no hay recombinación genética)
 - sexual (si hay recombinación genética)
- Evolución:
 - herencia, mutaciones, deriva genética,
 - migraciones
 - selección natural

Metabolismo, Crecimiento, Reproducción y Evolución

Metabolismo

Autótrofo

Biomasa se sintetiza a partir de C que viene del CO₂

Fotosíntesis anaerobia – no libera O₂ y usa otra fuentes alternativas de electrones como H₂S, etc.

Fotosíntesis aerobia – si libera O₂ ya que usa H₂O como fuente de electrones. CYANOBACTERIAS Y PLANTAS

Heterótrofo

Biomasa se sintetiza a partir de C que viene de biomasa ya existente (alguna forma de alimento).

Glucolisis (2 ATP)

Respiración (36 ATP)