

FACULTAD DE INGENIERÍA

Principios estratigráficos y Geocronología

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

Principios estratigráficos.
La columna estratigráfica.
Cronología y radiometría.

M. en C. Gabriel Vázquez Castro

Asignatura: Geología de Yacimientos

División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

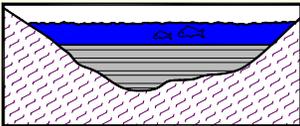
9.1 Principios estratigráficos.

1. Principio de la **horizontalidad original** y **continuidad lateral** de los estratos.
2. Principio de la **superposición**.
3. Principio del uniformismo o **actualismo**.
4. Principio de la **sucesión faunística** o de la correlación.
5. Principio de la **simultaneidad** de eventos
6. Principio de la intersección ó **corte y truncamiento**.
7. Principio de la **invariancia** de las Leyes Físicas
8. Principio de la **Parsimonia**.

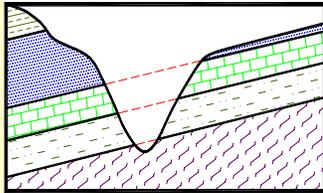
Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos

Los estratos en el momento de su depósito son horizontales y paralelos a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral.

(STENO, 1669).



Las superficies de estratificación son consideradas como **isócronas**.



¿horizontalidad, continuidad?



Las técnicas de geología del subsuelo, han permitido conocer **excepciones**, ya que no necesariamente las superficies de depósito son horizontales sino **con una ligera inclinación original**.

Principio de la superposición

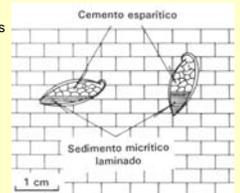
(NICOLAS STENO, 1669) y desarrollado por Lehmann.

En una sucesión de estratos, los **inferiores son los más antiguos** y los superiores los más jóvenes.

El principio es básico para el ordenamiento temporal de los estratos, se aplica cuando la deformación tectónica posterior a su depósito no implica la inversión de estratos.



Rocas más jóvenes



Excepciones: cuando los sedimentos nuevos se depositen en cavidades excavadas (p.e, cuevas).

Por esta razón siempre se representan las columnas geológicas con rocas más recientes arriba y más antiguas abajo.

Rocas más antiguas

Principio del uniformismo o actualismo

James Hutton 1788; Charles Lyell 1832

“EL PRESENTE ES LA CLAVE DEL PASADO”

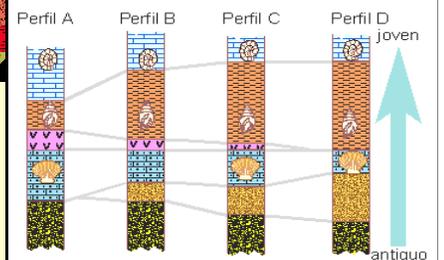


Los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes (uniformismo) y semejantes a los actuales (actualismo).

Principio de la sucesión faunística o de la correlación

Emitido por Smith y desarrollado por Cuvier

En cada intervalo de tiempo de la historia geológica los **organismos que vivieron** y que por tanto se pudieron fosilizar **fueron diferentes y no repetibles**.



Principio de la simultaneidad de eventos

Se basa en la doctrina del "catastrofismo actualista", consiste en aceptar que en la naturaleza **ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales** como los vemos en la actualidad pero **además otros raros** y eventuales (ocasionales) que mayoritariamente coinciden con las grandes **catástrofes**.

Tipo de eventos	Duración
Impactos de cometas o meteoritos	Segundos
Grandes terremotos	Segundos
Tormentas y tsunamis	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



Principio de intersección o corte y truncamiento

Cuando una **falla** desplaza una secuencia de rocas, o cuando el **magma intrusiva** y cristaliza en el interior de la corteza terrestre, podemos suponer que la falla o intrusión **es más joven** que las rocas afectadas; a esta suposición se le conoce como el principio de intersección o corte y truncamiento.



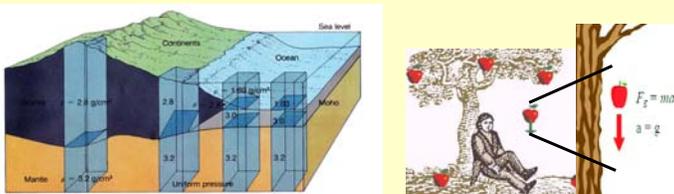
¿Orden de eventos?



Dique (oscuro) intrusionando a rocas sedimentarias arcillo limosas en Grand Canyon National Park, Arizona.

Principio de la invariancia de las leyes físicas

Los procesos geológicos han ocurrido bajo condiciones regidas por un comportamiento igual al de las leyes físicas.



Principio de la parsimonia

Los fenómenos geológicos deben explicarse en forma suficiente bajo el mínimo de factores.

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)

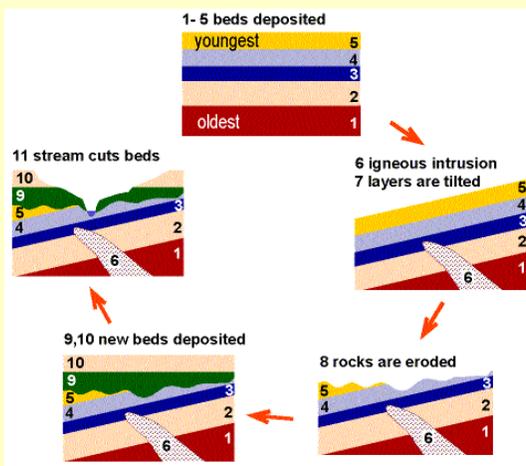
Acontecimientos en secuencia u orden apropiados sin conocer su edad absoluta en años
Principio de superposición
Principio de la sucesión faunística

Absoluto (Geocronometría)

Edad
Métodos para determinar edades



Fechaamiento Relativo



•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)

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

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

Todos los términos tienen un significado particular.

Localidades donde afloran las rocas

Devónico: condado Devon en Reino Unido

Jurásico: montañas Juras

Tipo de rocas

CRETÁCICO: de creta

Carbonífero: de carbón

Posición temporal

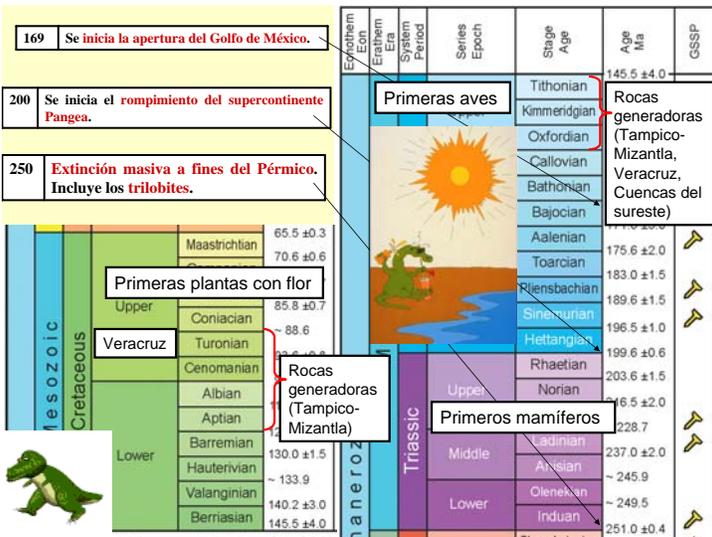
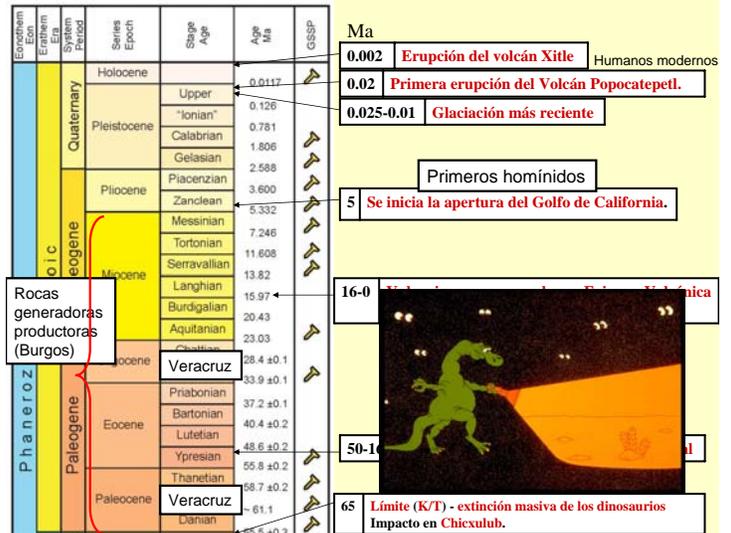
Neógeno

Paleógeno



Épocas del Cenozoico

Época	Localidad tipo u origen	Autor, año
Holoceno	Holos=todo, kainos=reciente	
Pleistoceno	Pleistos=lo mas, kainos=reciente	
Plioceno	Pleión= más, kainos=reciente	Lyell, 1835
Mioceno	Región Miocene, SW de Paris (Touraine)	
	Meión=menos, kainos=reciente	
Oligoceno	oligos=poco, kainos=reciente	
Eoceno	eos=alba, kainos=reciente	Lyell
Paleoceno	palaios=viejo, kainos=reciente	



Edades del Cretácico superior

Piso	Localidad tipo	Autor, año
Mastrichtiano	Maastricht, Holanda	
Campaniano	La Champagne, Francia	
Santoniano	La Saintonge, Francia	
Coniaciano	Cognac, Francia	
Turoniano	Touraine, Francia	
Cenomaniano	Le Mans, Francia	

Edades del Cretácico inferior

Albiano	Alba (Aube) Francia	d'Orbigny, 1844
Aptiano	Apt. Alpes, Francia	d'Orbigny, 1840
Barremiano	Barrême, Alpes, Francia	Coquand, 1861
Hauteriviano	Hauterive, Suiza	Renévier, 1874
Valanginiano	Seyon George, cerca Valanginian, Suiza	Desor, 1853
Berriasiano	Berrias, Francia	Coquand, 1871

Edades del Jurásico superior

Piso	Localidad tipo u origen	Autor, año
Titoniano	Mitología griega-Tithonius (Tithon)	
Kimeridgiano	Poblado de Kimmeridge, Inglaterra	Jules Thurmann, 1832
Oxfordiano	Poblado de Oxford, Inglaterra	

Edades del Jurásico medio

Calloviano	Poblado y roca Kellaways, Inglaterra	
Bathoniano	Poblado de Bath, Inglaterra	
Bajociano	Poblado de Bayeux, Francia	d'Orbigny, 1852
Aaleniano	Poblado de Aalen, Alemania	Mayer-Eymar, 1864

Edades del Jurásico inferior

Toarciense
Pliesbachiano
Sinemuriano
Hetangiano

Tarea

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

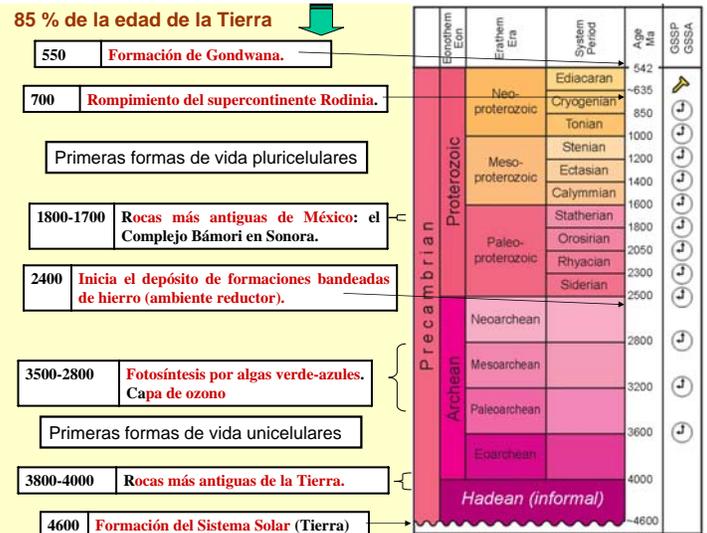
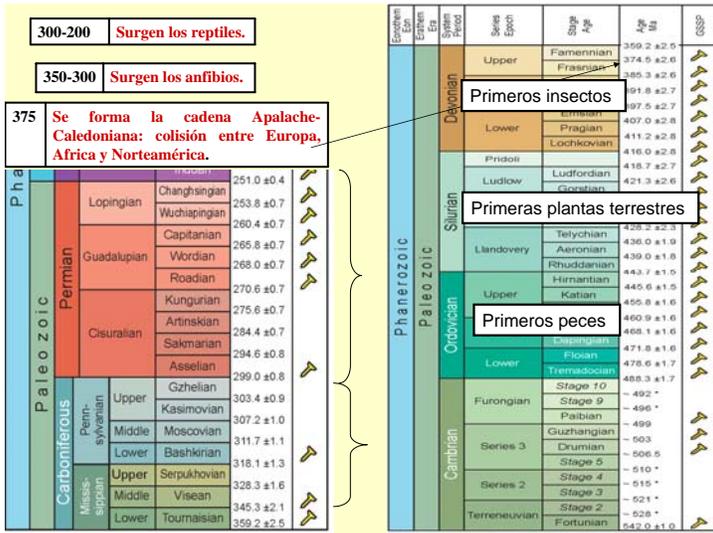
Pérmico: antiguo reino de Permia en los Urales (Murchison, 1841)
Carbonífero: rocas portadoras de carbon, Inglaterra, 1822 Conybeare y Phillips
Pensilvánico (Pensilvania?)
Misisípico (Valle del Mississipi?)
Devónico: condado Devon en Reino Unido (Sedwick y Murchison, 1839)
Silúrico: Tribu Silures (Murchison, 1835, Inglaterra)
Ordovícico: Inglaterra
Cámbrico: Cambria en Gales, Reino Unido, 1835 Sedgwick

Períodos del Mesozoico

Cretácico: de creta, rocas cerca de Paris
Jurásico: montañas Juras, Suiza-Francia
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



Fechamiento 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), publico en 1913 la primer tabla del tiempo geológico con edades absolutas.
- En 1917 Barrel 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

¿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 radiométrica.**



ISÓTOPOS

Son elementos que tienen igual número atómico, pero distinto peso atómico ya que el número de neutrones puede variar.

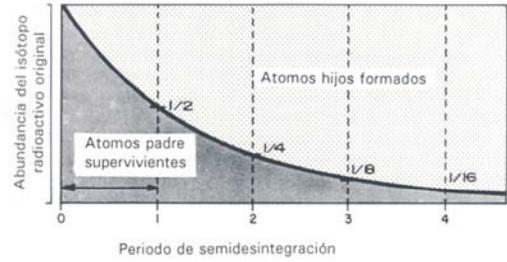
Peso atómico (masa atómica) = No. de protones + No. de neutrones

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



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

Ejemplo:	¹ H			
H	m.a. = 1	(1 protones)		Forma mayoritaria
deuterio	m.a. = 2	(1 protones, 1 neutrón)		
tritio	m.a. = 3	(1 protones, 2 neutrones)		



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

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.

Tabla 4.1.- Principales elementos radioactivos que pueden ser utilizado en medidas radiométricas con indicación de los períodos de semidesintegración y el intervalo de tiempo geológico al que son aplicables. En el segundo lote se incluyen los métodos aplicables al Cuaternario.

Elemento padre	Elemento hijo	Periodo de semidesintegración (años)	Intervalo de tiempo de aplicación (en años)
⁴⁰ K	→ ⁴⁰ Ar	11,9 x 10 ⁹	Cualquier edad
⁸⁷ Rb	→ ⁸⁷ Sr	4,7 x 10 ¹⁰	Cualquier edad
²³² Th	→ ²⁰⁸ Pb	13,9 x 10 ⁹	Cualquier edad
²³⁸ U	→ ²⁰⁶ Pb	4,6 x 10 ⁹	Cualquier edad
²³⁵ U	→ ²⁰⁷ Pb	7 x 10 ⁸	3 x 10 ⁹
²³⁴ U	→ ²³⁰ Th	250.000	1.500.000
²³⁰ Th	→ ²²⁶ Ra	75.200	300.000
²³⁰ Th	→ ²³¹ Pa	≈ 35.000	150.000
¹⁴ C	→ ¹⁴ N	5.568	35.000

Conclusiones

- Los principios estratigráficos nos permiten conocer el orden de eventos ocurridos en una secuencia para poder determinar la evolución geológica de una región.
- La columna estratigráfica nos permite utilizar el tiempo geológico de una forma ordenada y relacionarlo con eventos geológicos conocidos que facilitan su entendimiento.
- El tiempo absoluto en geología es una herramienta que nos permite saber de forma exacta en que momento ocurrieron los eventos geológicos.

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 web de interes
- <http://www.stratigraphy.org/>
- <http://www.geosociety.org/science/timescale/timescl.pdf>
- <http://www.geologia.unam.mx/georeg/tolson/GeoCalendario18.exe>