

## ***Tema 2***

# ***El Tiempo Geológico***

# ***Datación Relativa***

- **Ley (axioma) de la Superposición**
  - **Enunciada por Nicolás Steno en 1669**
  - **Base de la estratigrafía y la arqueología**



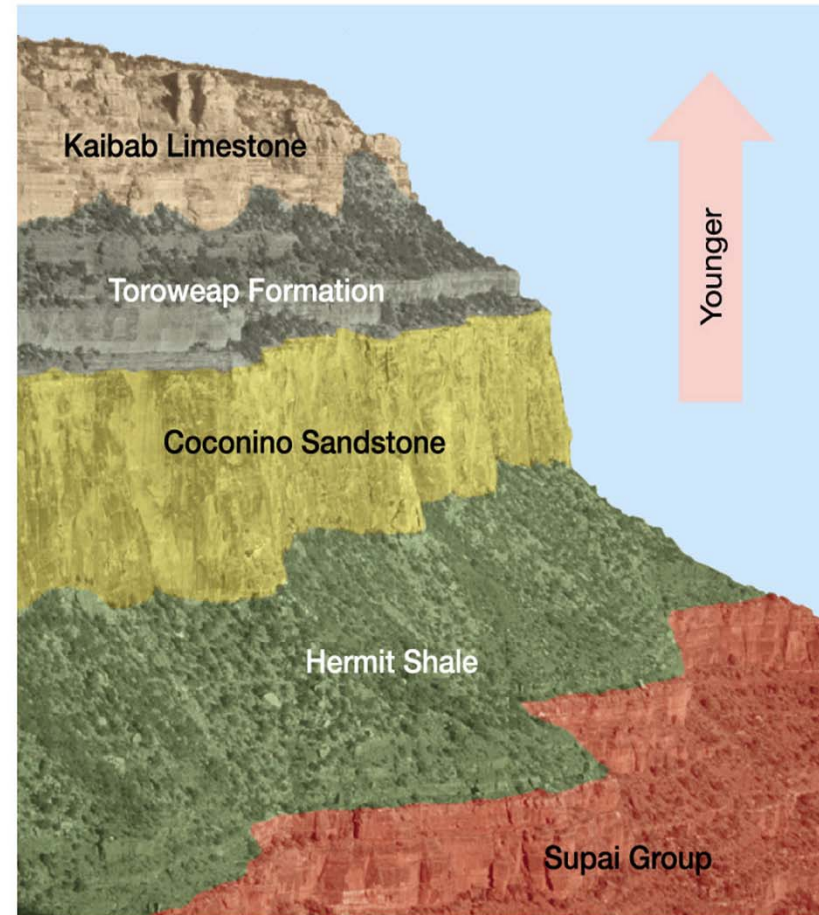
# ***Ley de la Superposición***

- ❖ **Las capas sedimentarias están ordenadas temporalmente de tal forma que aquella más antigua está en el punto más bajo de la secuencia y la más moderna en el más alto.**
- ❖ **Ello es así salvo que otros procesos más tardíos hayan perturbado la secuencia**

# *Gran Cañón (Colorado, USA)*



A.



B.

# ***Datación Relativa***

- **Principio de la horizontalidad original**
  - **Las capas de sedimentos se depositan, en general, en posición horizontal**
  - **Las capas rocosas dispuestas horizontalmente no han sido, en general, perturbadas**
- **Principio de intersección**
  - **Las características más modernas interceptan a las más antiguas**

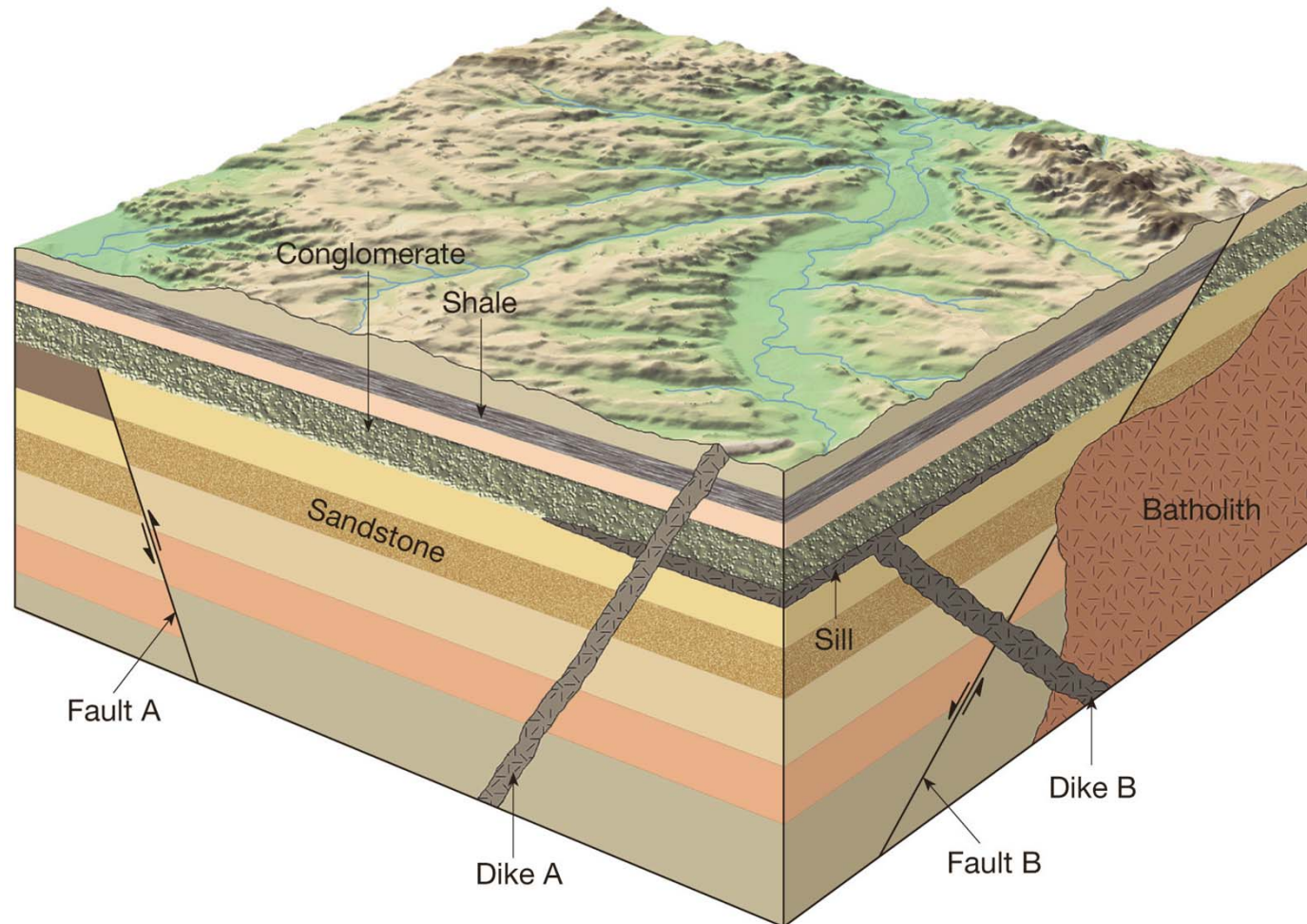
# *Horizontalidad Original*



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



# Relaciones de Intersección







# ***Datación Relativa***

- **Inclusiones**
  - **Una inclusión es una pieza de roca incluida dentro de otra roca**
  - **En general, la roca que es incluida es más antigua**
- **Discordancia**
  - **Una discordancia es una interrupción en el registro sedimentario como resultado de la erosión y/o la no deposición de sedimentos**

# Inclusiones



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# ***Datación Relativa***

- **Discordancias**

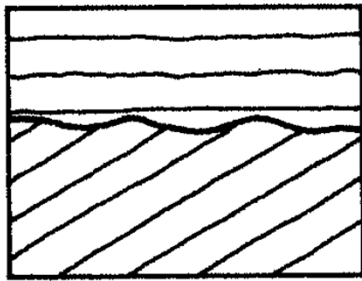
- **Tipos**

- **Discordancia angular** – series de rocas inclinadas recubiertas por otras, formando un cierto ángulo
    - **Paraconformidad o hiato sedimentario** – capas sedimentarias que mantienen el paralelismo a ambos lados de la discordancia
    - **Disconformidad** – Hay paralelismo pero se reconoce una superficie erosiva
    - **Discordancia heterolítica** – rocas ígneas o sedimentarias en contacto con estratos sedimentarios

# Discordancias

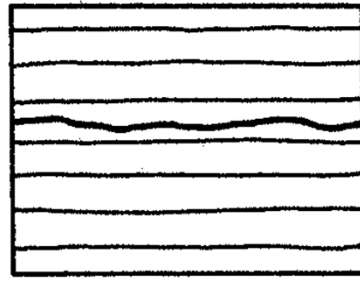
**Disconformidad**

**Paraconformidad**

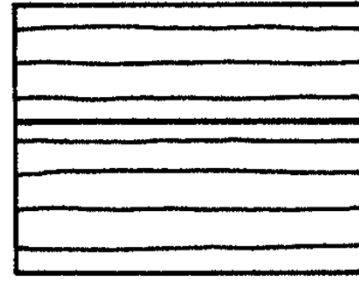


(a)

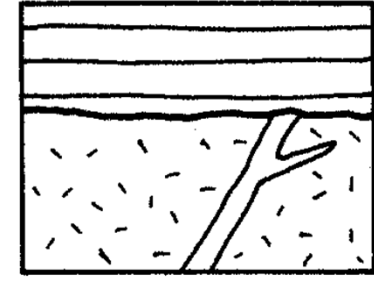
**Discordancia angular**



(b)



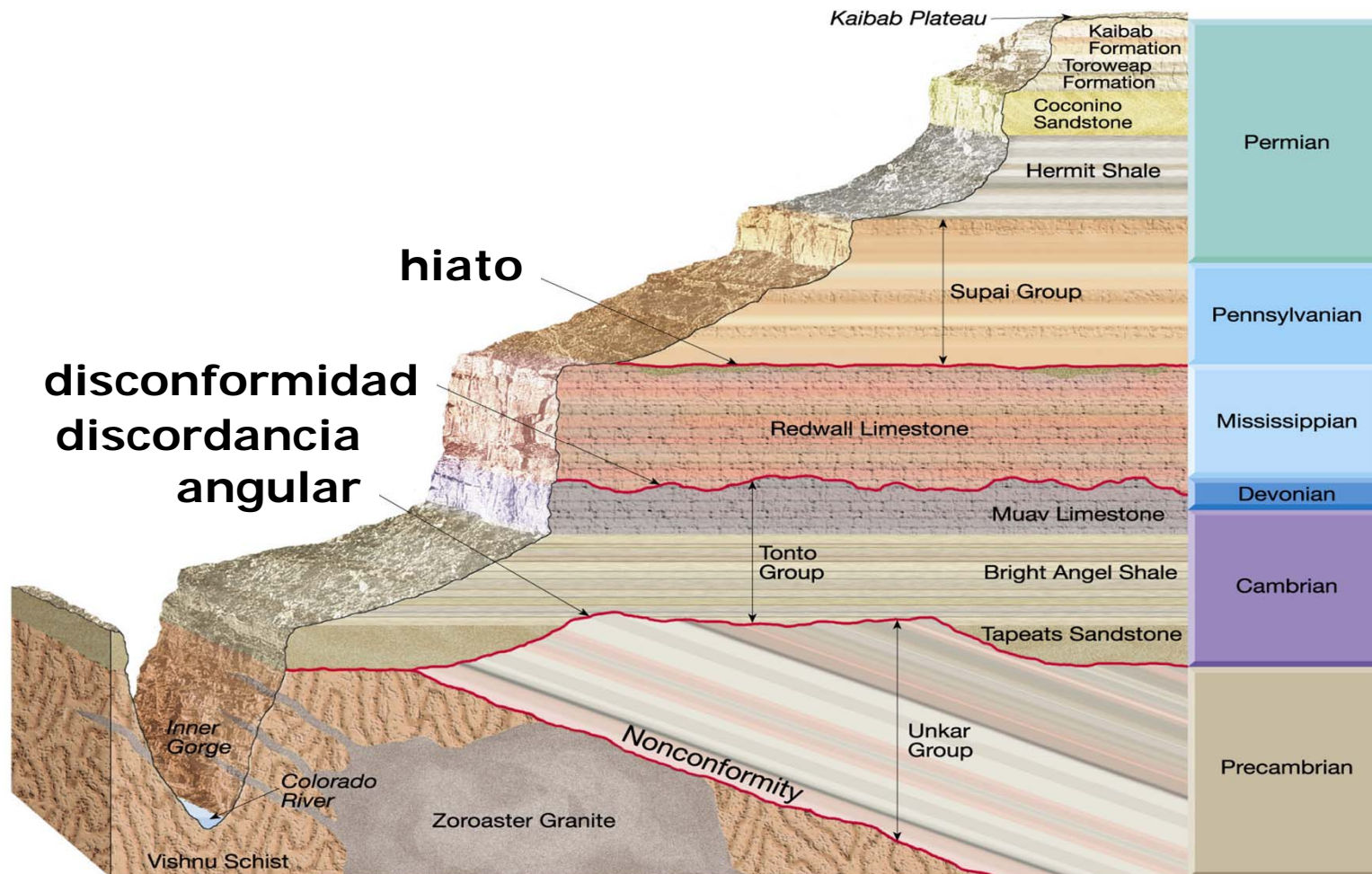
(c)

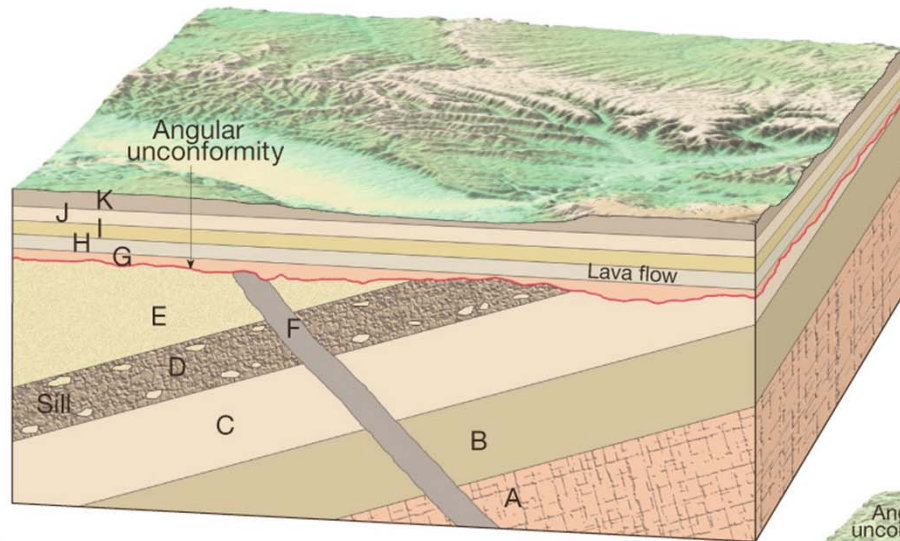


(d)

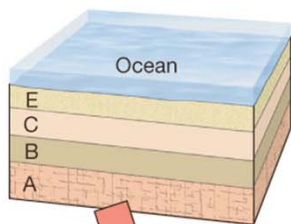
**Discordancia heterolítica**

# Discordancias en el Gran Cañón (Colorado, USA)

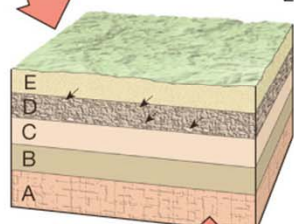




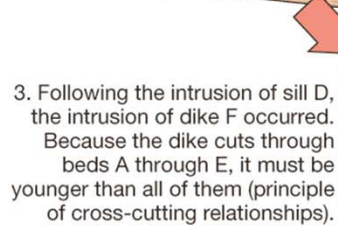
Interpretation:



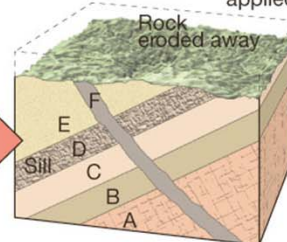
1. Applying the law of superposition, beds A, B, C, and E were deposited in that order.



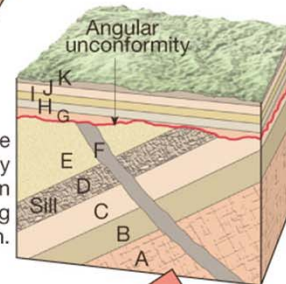
2. Bed D is a sill (a concordant igneous intrusion). Evidence that sill D is younger than beds C and E are the inclusions in the sill of fragments from these beds. If this igneous mass contains pieces of adjacent strata, then the adjacent strata must have been there first.



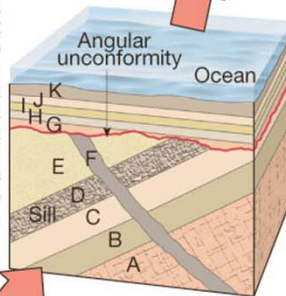
3. Following the intrusion of sill D, the intrusion of dike F occurred. Because the dike cuts through beds A through E, it must be younger than all of them (principle of cross-cutting relationships).



4. Next, the rocks were tilted and eroded. The tilting happened first because the upturned ends of the strata have been eroded. The tilting and erosion, followed by further deposition, produced an angular unconformity.



6. Finally, the irregular surface and the stream valley indicate that another gap in the rock record is being produced by erosion.



5. Beds G, H, I, J, and K were deposited in that order, again using the law of superposition. Although the lava flow (bed H) is not a sedimentary rock layer, it is a surface deposited layer, and thus superposition may be applied.

# ***Fósiles: Evidencias del Pasado***

- **Fósil** = trazas o restos de vida prehistórica que ha quedado preservada en las rocas
- Los fósiles suelen encontrarse en sedimentos o rocas sedimentarias.
- Raramente se encuentran en rocas metamórficas y nunca en rocas ígneas
- Paleontología = estudio de los fósiles

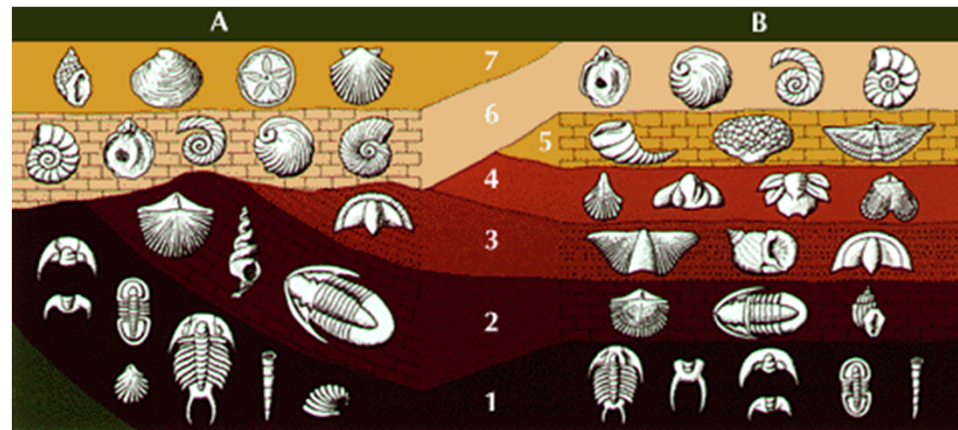


# ***Fósiles: Evidencias del Pasado***

- **Los fósiles son importantes desde el punto de vista geológico porque**
  - **Ayudan a interpretar el pasado geológico**
  - **Constituyen indicadores temporales**
  - **Permiten la correlación de rocas de lugares distantes**

# *Fósiles y Correlación*

- Vincular rocas de edad similar en regiones diferentes se conoce como **correlación**
- Las correlaciones se basan, a menudo, en los fósiles



# ***Fósiles y Correlación***

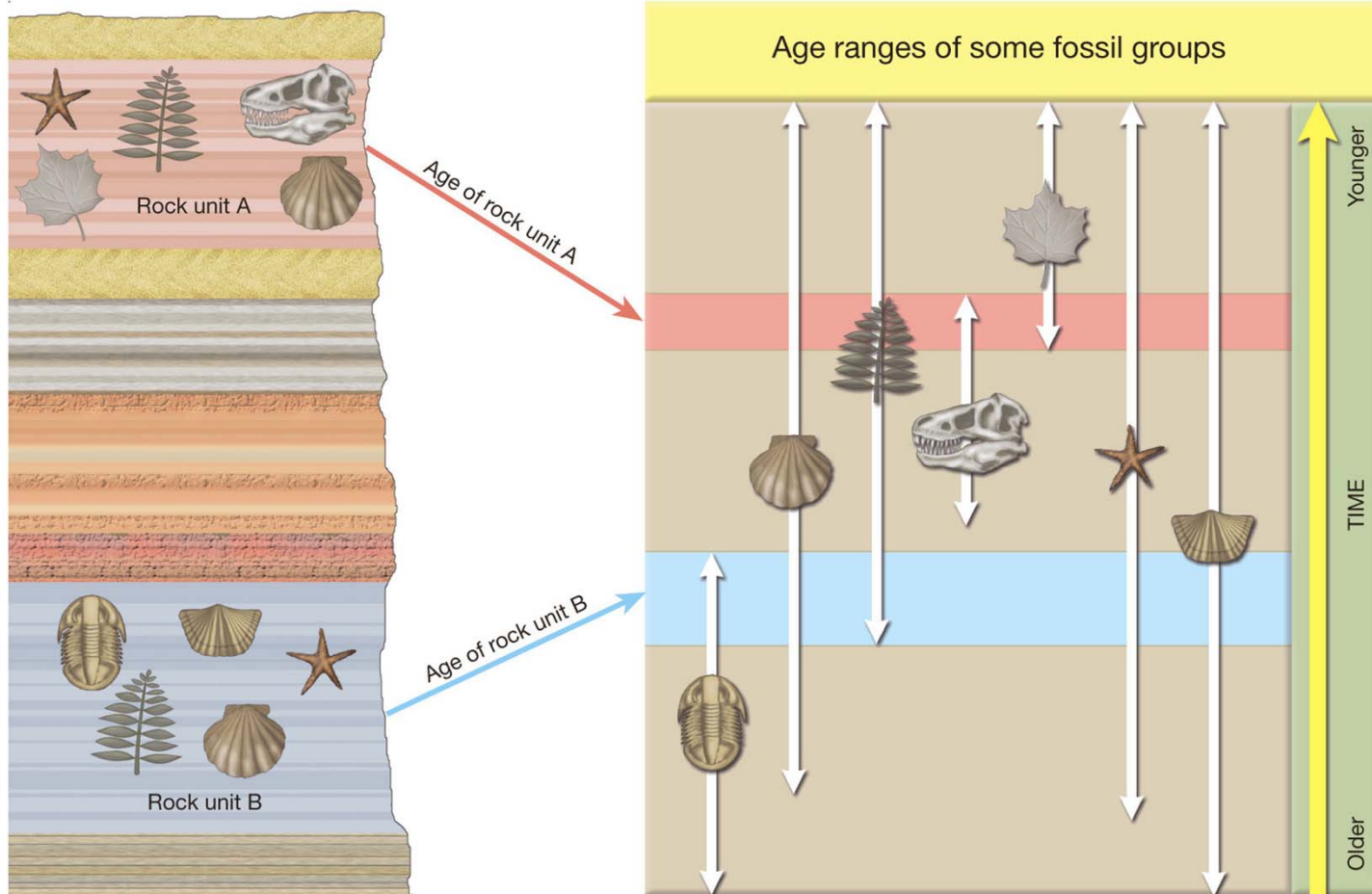
- **William Smith (a finales del s. XVIII) observó que capas sedimentarias de regiones distantes podían ser identificadas y correlacionadas por su contenido en fósiles distintivo**



# ***Fósiles y Correlación***

- **Principio de sucesión faunística** – los organismos fósiles se suceden, los unos a los otros, de forma definida y en un orden determinable. Por tanto, cada periodo de tiempo puede ser reconocido por su contenido fósil
- **Fósil índice ó guía** – fósil muy extendido geográficamente y temporalmente limitado a un breve periodo de tiempo geológico

# ***Datación de Rocas a Través de Familias de Fósiles Solapadas***



# *Edad de la Tierra*

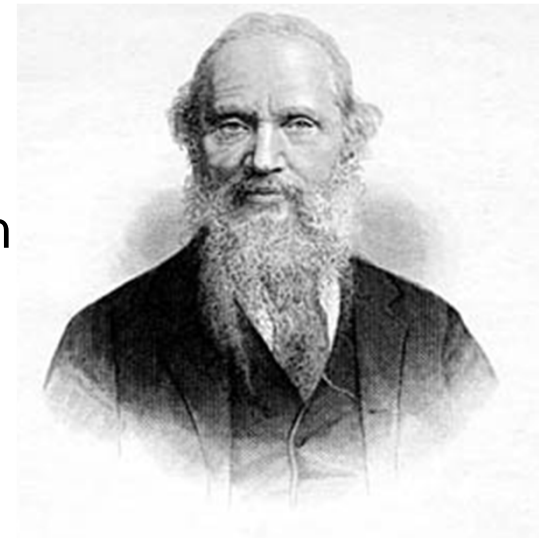
- A lo largo de la historia se han propuesto muchos métodos para determinar la edad de la Tierra
- **Biblia:** En 1664, El Arzobispo de Dublín (James Usher) empleó la cronología relatada en el Libro sobre el Génesis para calcular que **el mundo fue creado el 23 de octubre del año 4004, A.C., hacia el mediodía**



- **Concentración de sal en el océano** (hacia 1899): Suponiendo que los océanos primigenios estaban compuestos por agua dulce, teniendo en cuenta el ritmo al que los ríos actuales transportan sales a los océanos, la Tierra tendría ~100 m.a.

# Edad de la Tierra

- **Espesor de sedimentos:** Suponiendo que la velocidad de sedimentación actual es representativa de la del pasado, las formaciones sedimentarias más potentes (p. Ej., la del Gran Cañón) se habrían depositado en unos ~ 100 m.a.
- **Cálculos de Lord Kelvin (1870):** Kelvin calculó que el gradiente geotérmico actual ( $\sim 30^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ) sería compatible con una masa terrestre inicialmente fundida que se hubiera enfriado en un periodo de entre 30 y 100 m.a.



# Edad de la Tierra: Errores

- La Biblia no es un libro científico ni de historia
- Las sales precipitan en formaciones sedimentarias. También son recicladas
- La erosión y los episodios de no sedimentación son también acontecimientos importantes en el registro sedimentario
- La radioactividad proporciona una fuente de calor adicional al calor interno de la Tierra



# ***Datación Absoluta: Radiactividad Natural***

- **Datación absoluta: Geocronología**
- **Aspectos básicos**
  - **Núcleo**
    - **Protones = partículas cargadas con masa (+)**
    - **Neutrones = partículas neutras con masa**
  - **Electrones = partículas cargadas con masa (-) que orbitan alrededor del núcleo**

# ***Datación Absoluta***

- **Aspectos básicos**
  - **Número Atómico (Z)**
    - N° que identifica a un elemento químico
    - Es igual al n° de protones que contiene
  - **Número Másico (A)**
    - Suma del n° de protones y neutrones

# ***Datación Absoluta***

- **Aspectos básicos**
  - **Isótopo**
    - Variante de un mismo elemento químico
    - Difiere en el número de neutrones
    - Los isótopos de un mismo elemento químico tienen diferente masa

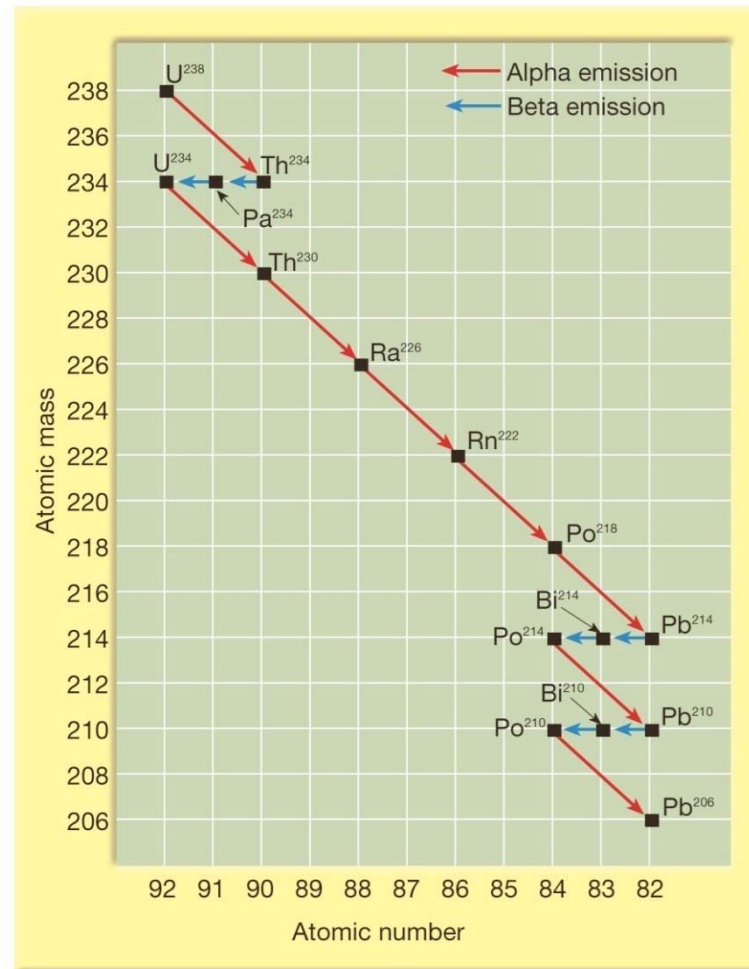
# ***Datación Absoluta***

- **Radioactividad**
  - Cambios espontáneos (desintegración) que se producen en un núcleo atómico
- **Tipos de Desintegración Radiactiva (3)**
  - **Emisión Alfa**
    - Emisión de 2 protones y 2 neutrones (una partícula alfa)
    - El n<sup>o</sup> másico se reduce en 4 unidades y el atómico en 2

# ***Datación Absoluta***

- **Tipos de Desintegración Radiactiva**
  - **Emisión Beta/Desintegración Positrónica**
    - Eyección de un “electrón” (– = partícula beta ó negatrón; + = positrón) desde el núcleo atómico
    - El número másico permanece constante y el atómico aumenta (o disminuye) en una unidad
  - **Captura Electrónica**
    - Un electrón es capturado por un núcleo y se combina con un protón para formar un neutrón
    - El n<sup>o</sup> másico no cambia y el atómico disminuye en 1 unidad

# Desintegración en Cadena



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Desintegración en Cadena del Uranio

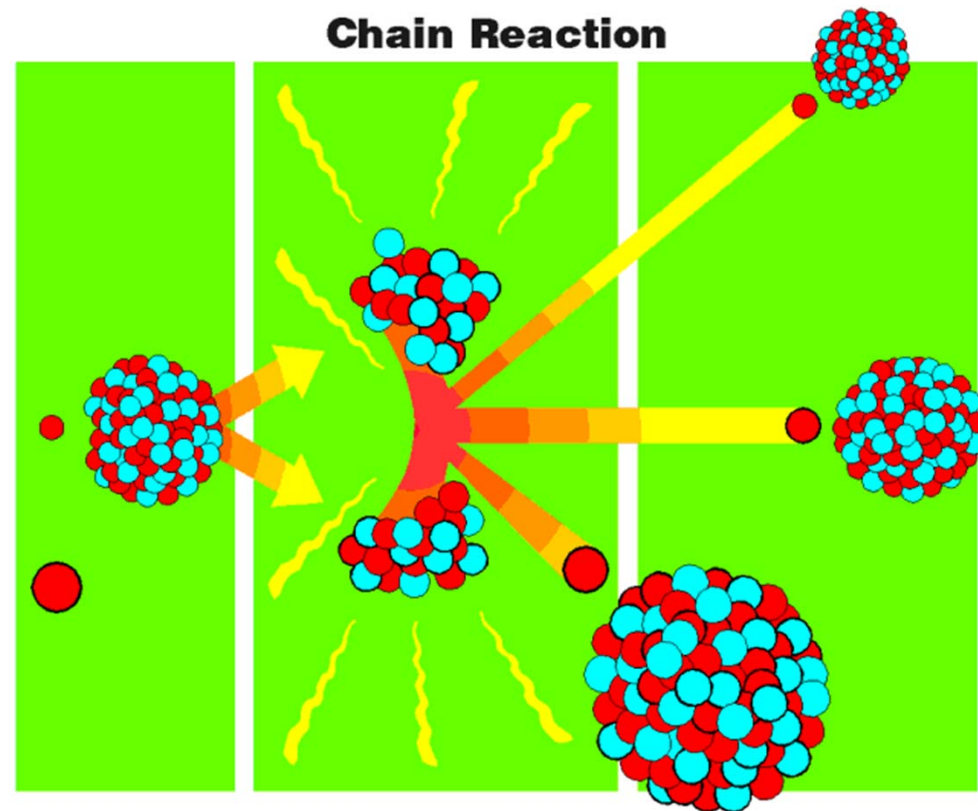
**TABLE 9.A** Decay Products of Uranium-238

Some Decay Products of Uranium-238	Decay Particle Produced	Half-Life
Uranium-238	alpha	4.5 billion years
Radium-226	alpha	1600 years
<b>Radon-222</b>	<b>alpha</b>	<b>3.82 days</b>
Polonium-218	alpha	3.1 minutes
Lead-214	beta	26.8 minutes
Bismuth-214	beta	19.7 minutes
Polonium-214	alpha	$1.6 \times 10^{-4}$ second
Lead-210	beta	20.4 years
Bismuth-210	beta	5.0 days
Polonium-210	alpha	138 days
Lead-206	none	stable



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Reacción en Cadena



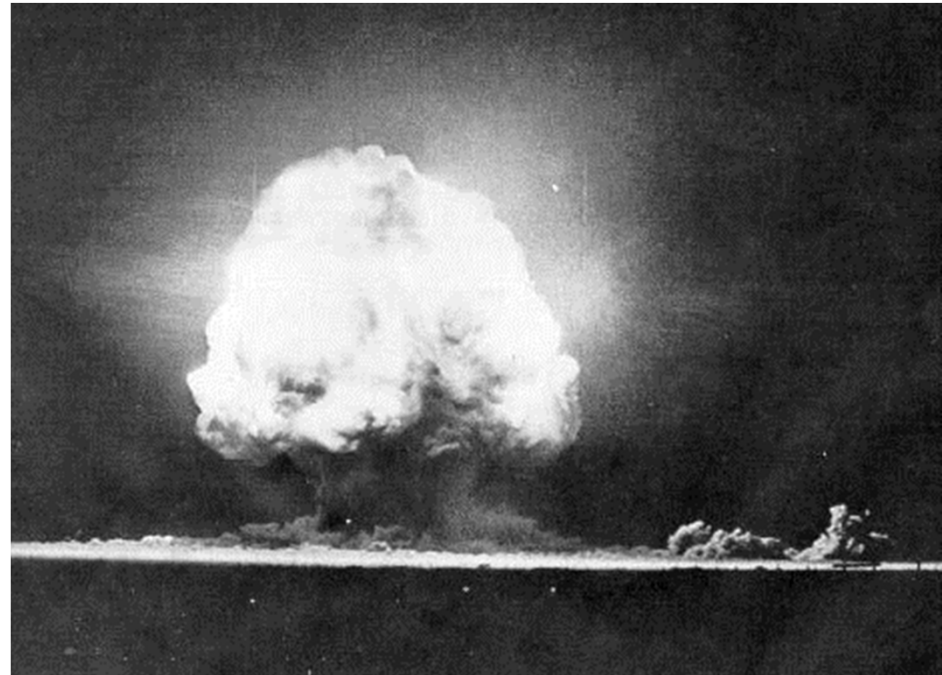
**1** A neutron is about to hit the nucleus of a uranium atom.

**2** The uranium nucleus splits (fissions) into several smaller atoms, releasing heat and several more neutrons.

**3** The chain reaction begins: those neutrons hit other nuclei, causing them to fission. And so on.

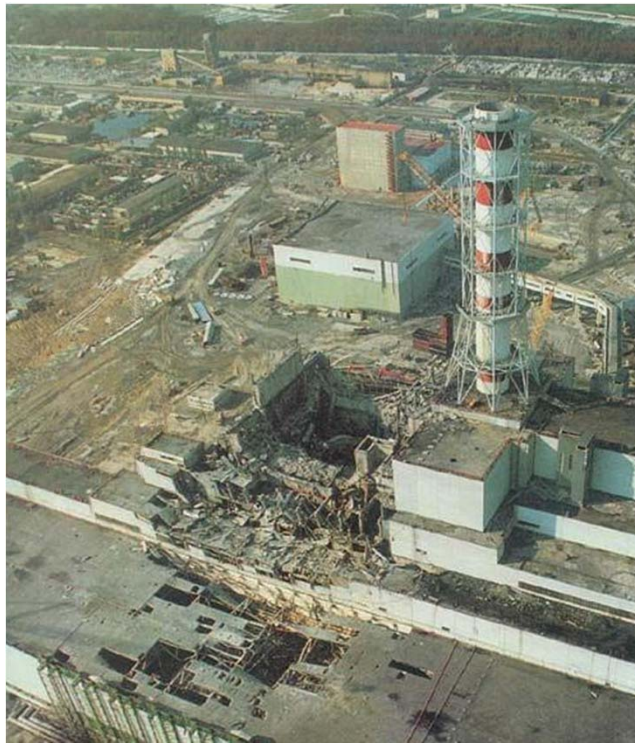


# Experimento Trinity, Alamogordo (Nuevo Méjico)



**16 de julio de 1945**

# ***Centrales Nucleares***



**Chernobyl, 26 de abril de 1986**

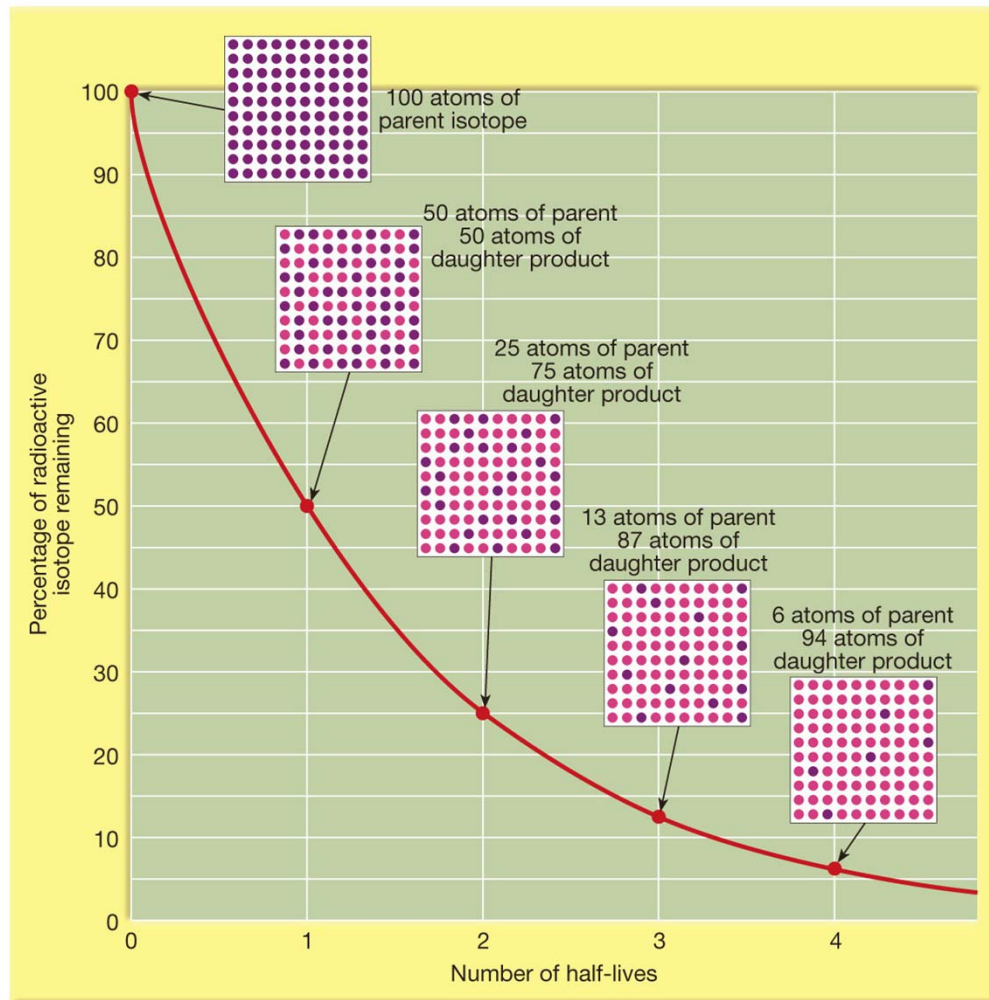
# ***Datación Absoluta***

- **Isótopo-Padre – Isótopo inestable (radiactivo)**
- **Isótopo-Hijo – Isótopos que resultan de la desintegración de un isótopo-padre**
- **Vida media – Tiempo requerido para que la mitad de los isótopos radiactivos presentes en una sustancia se desintegren**

# ***Datación Absoluta***

- **Datación radiométrica**
  - **Principio de la datación radiactiva**
    - **El % de isótopos que se desintegra a lo largo de 1 vida media es siempre el mismo (50 %)**
    - **Sin embargo, el n° real de átomos que se desintegra decrece continuamente**
    - **A partir de la razón entre el isótopo-padre y el hijo es posible obtener la edad de una muestra**

# Curva de Desintegración



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# ***Datación Absoluta***

**TABLE 9.1** Isotopes Frequently Used  
in Radiometric Dating

<b>Radioactive Parent</b>	<b>Stable Daughter Product</b>	<b>Currently Accepted Half-life Values</b>
Uranium-238	Lead-206	4.5 billion years
Uranium-235	Lead-207	713 million years
Thorium-232	Lead-208	14.1 billion years
Rubidium-87	Strontium-87	47.0 billion years
Potassium-40	Argon-40	1.3 billion years

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# ***Datación Absoluta***

- **Importancia de la datación radiométrica**
  - **Es una técnica compleja que requiere de medidas muy precisas**
  - **Ha permitido establecer la edad de las rocas más antiguas de la Tierra (hasta ahora):  
4280 millones de años**
  - **Confirma la idea de que el tiempo geológico es inmenso**

# Las Rocas Más Antiguas de la Tierra

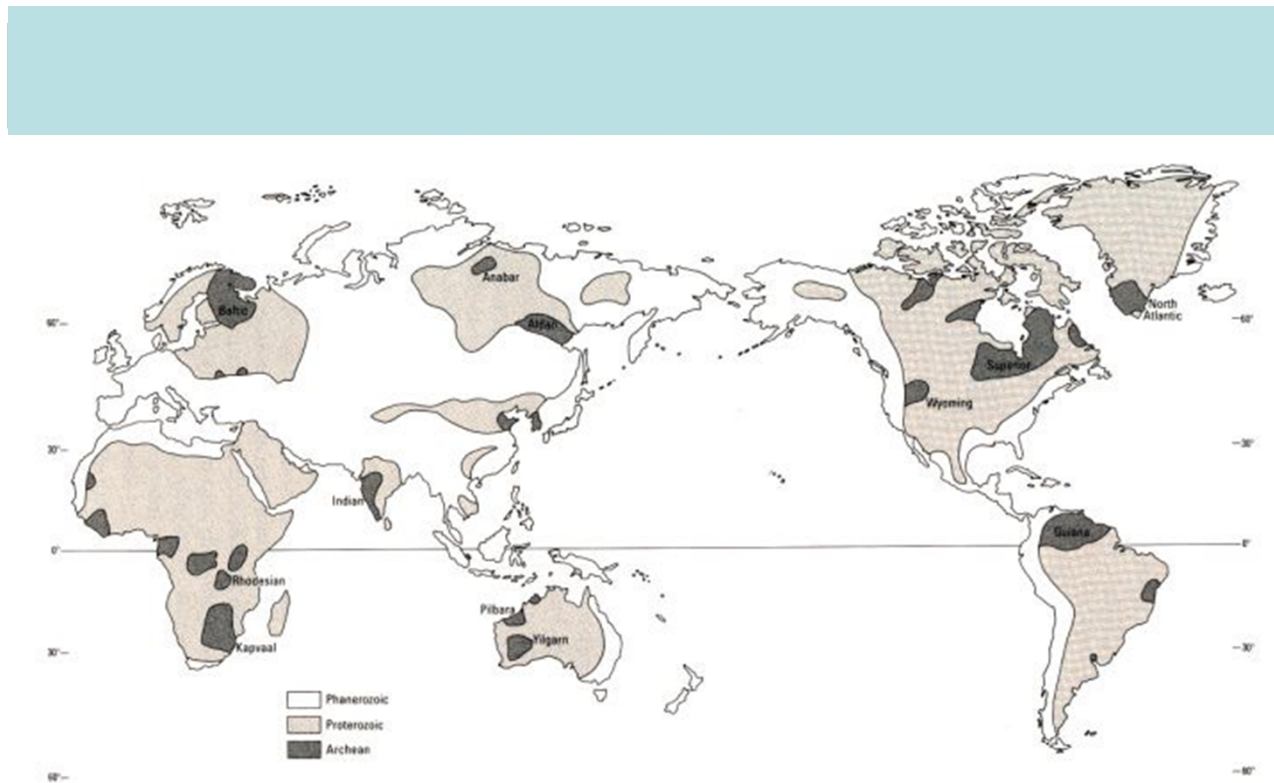


Fig. 4.1. Distribution of Archean and Proterozoic rocks. More than half of Antarctica (not shown) is also underlain by rocks of Precambrian age. (After various sources, including Condie, 1976, 1981, B.C. Burchfield, 1983, and Windley, 1984.)

Archean >2600Ma; Proterozoic >570Ma, <2600Ma



# ***Las Rocas más Antiguas de la Tierra***



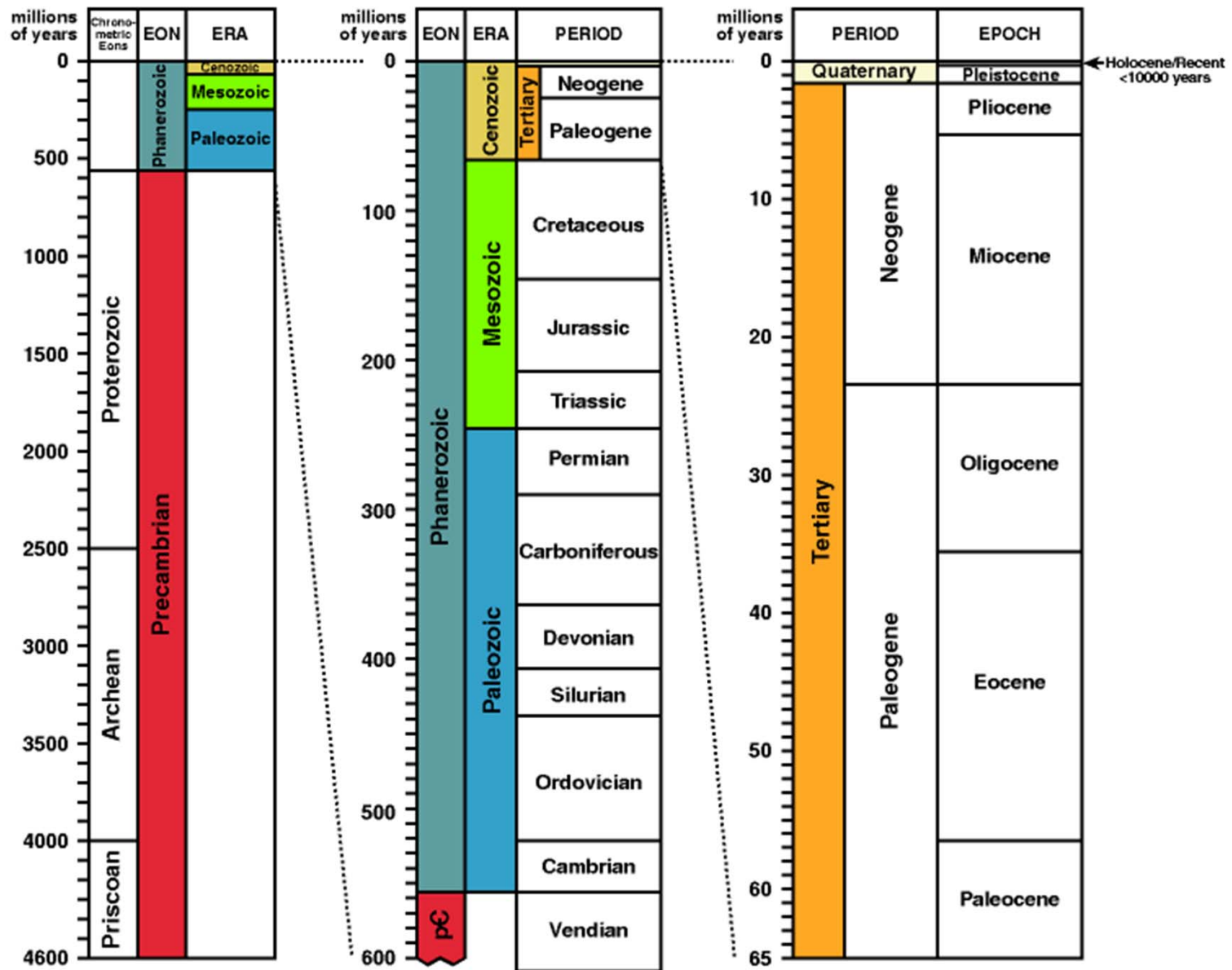
**Formación de Gneisses  
de Acasta (Groenlandia;  
4.28 Ga)**

# ***La Escala de los Tiempos Geológicos***

- **La escala de los tiempos geológicos puede ser entendida como un “calendario” de la historia de la Tierra**
  - **Subdivide la historia geológica en unidades**
  - **En sus inicios, se creó a partir de edades relativas**
- **Estructura de la escala**
  - **Eón – el mayor lapso de tiempo**

# ***La Escala de los Tiempos Geológicos***

- **Estructura de la escala**
  - **Nombres de eones**
    - **Fanerozoico (“vida visible”) – el eón más reciente. Empezó hace unos 540 millones de años**
    - **Proterozoico (2500 - 540 Ma)**
    - **Arcáico (4000 - 2500 Ma)**
    - **Hadeano o Priscoano (4600 -4000 Ma) – el eón más antiguo**



# ***La Escala de los Tiempos Geológicos***

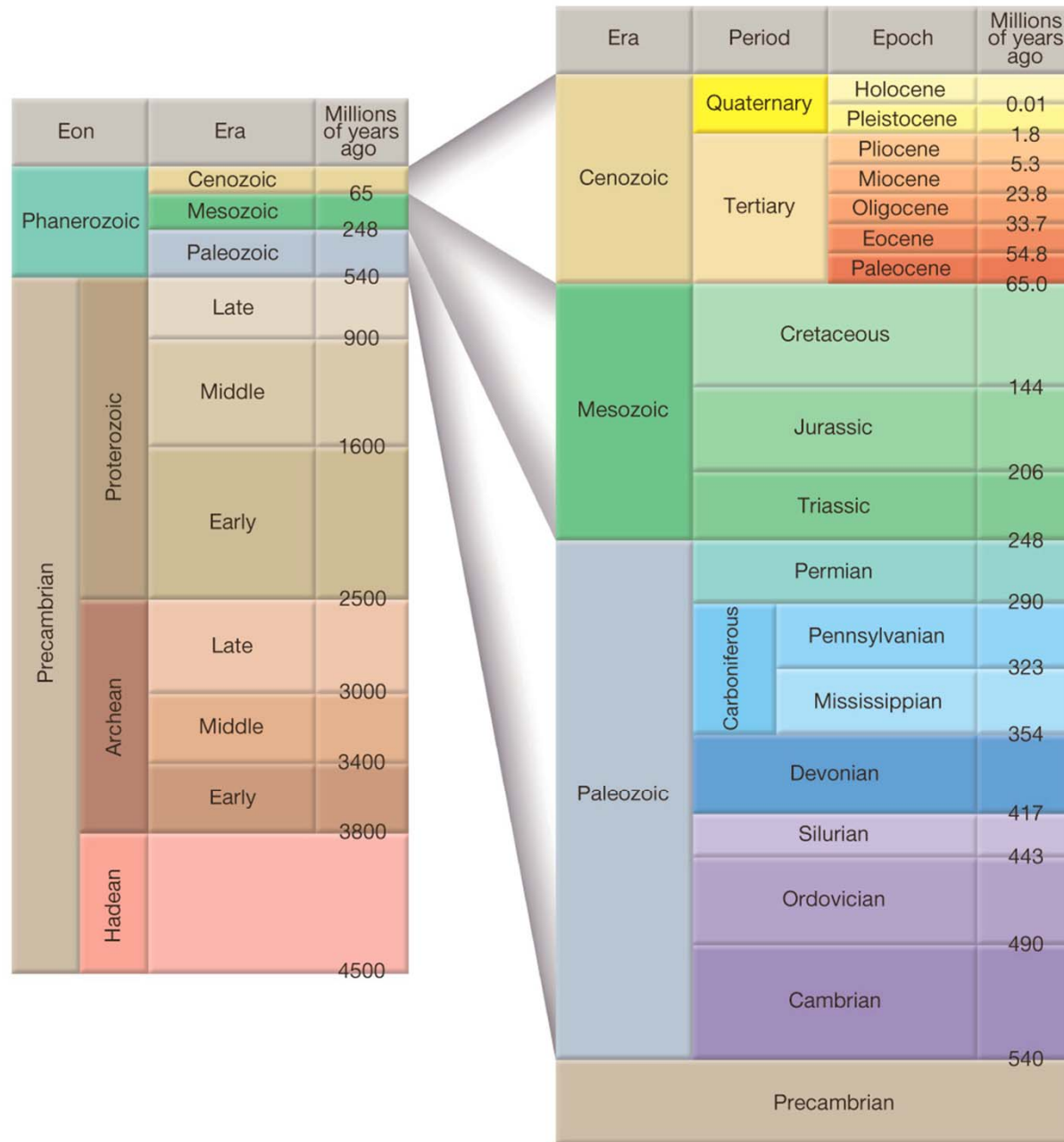
- **Era – subdivisión de un eón**
- **Eras del eón Fanerozoico**
  - **Cenozoico (65 – 1.7 Ma) - “vida reciente” ó Terciario**
  - **Mesozoico (245 – 65 Ma) - “vida media” ó Secundario**
  - **Paleozoico (540-245 Ma) - “vida antigua”**
- **Las eras se subdividen en periodos**
  - **El Cuaternario es un periodo del Cenozoico**
- **Los periodos se subdividen en épocas**

# ***La Escala de los Tiempos Geológicos***

- **El Precámbrico**
  - **Los casi 4600 millones de años anteriores al inicio del Cámbrico**
  - **No se divide en periodos de tiempo menores porque los acontecimientos geológicos de la historia precámbrica no se conocen con suficiente detalle**
    - **Los primeros fósiles abundantes no aparecen hasta el inicio del Cámbrico**

# El Precámbrico

Eon	Era	Millions of years ago	
Phanerozoic	Cenozoic	65	
	Mesozoic	248	
	Paleozoic	540	
Precambrian	Proterozoic	Late	900
		Middle	1600
		Early	2500
	Archean	Late	3000
		Middle	3400
		Early	3800
	Hadean		4500



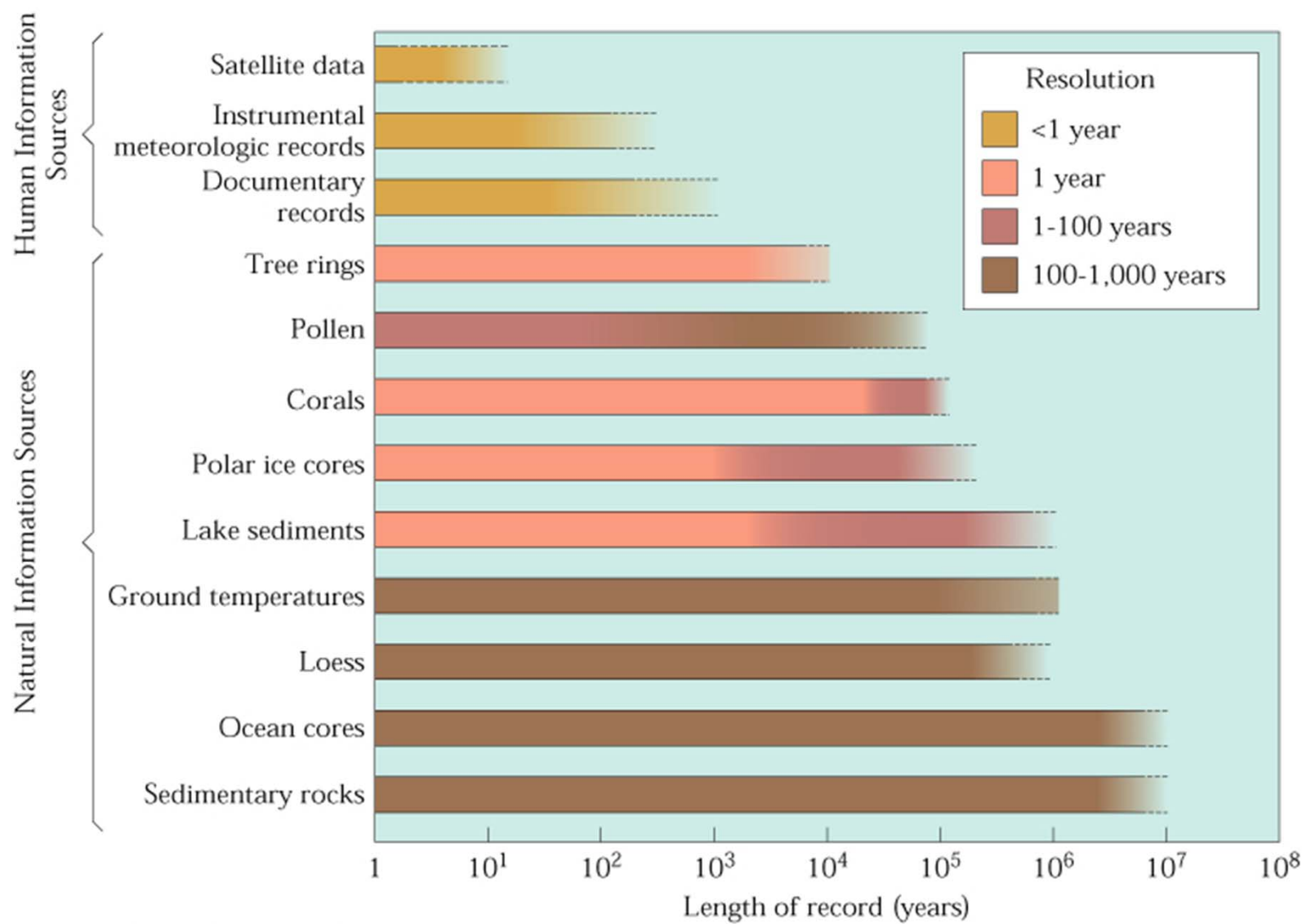


# ***La Escala de los Tiempos Geológicos***

- **Dificultades para datar la escala de tiempos geológicos**
  - **No todas las rocas pueden ser datadas mediante técnicas radiométricas**
    - **Los granos de las rocas sedimentarias no tienen la misma edad que las rocas a las que pertenecen**
    - **La edad de un mineral en una roca metamórfica no tiene por qué representar el momento en la que ésta se formó**

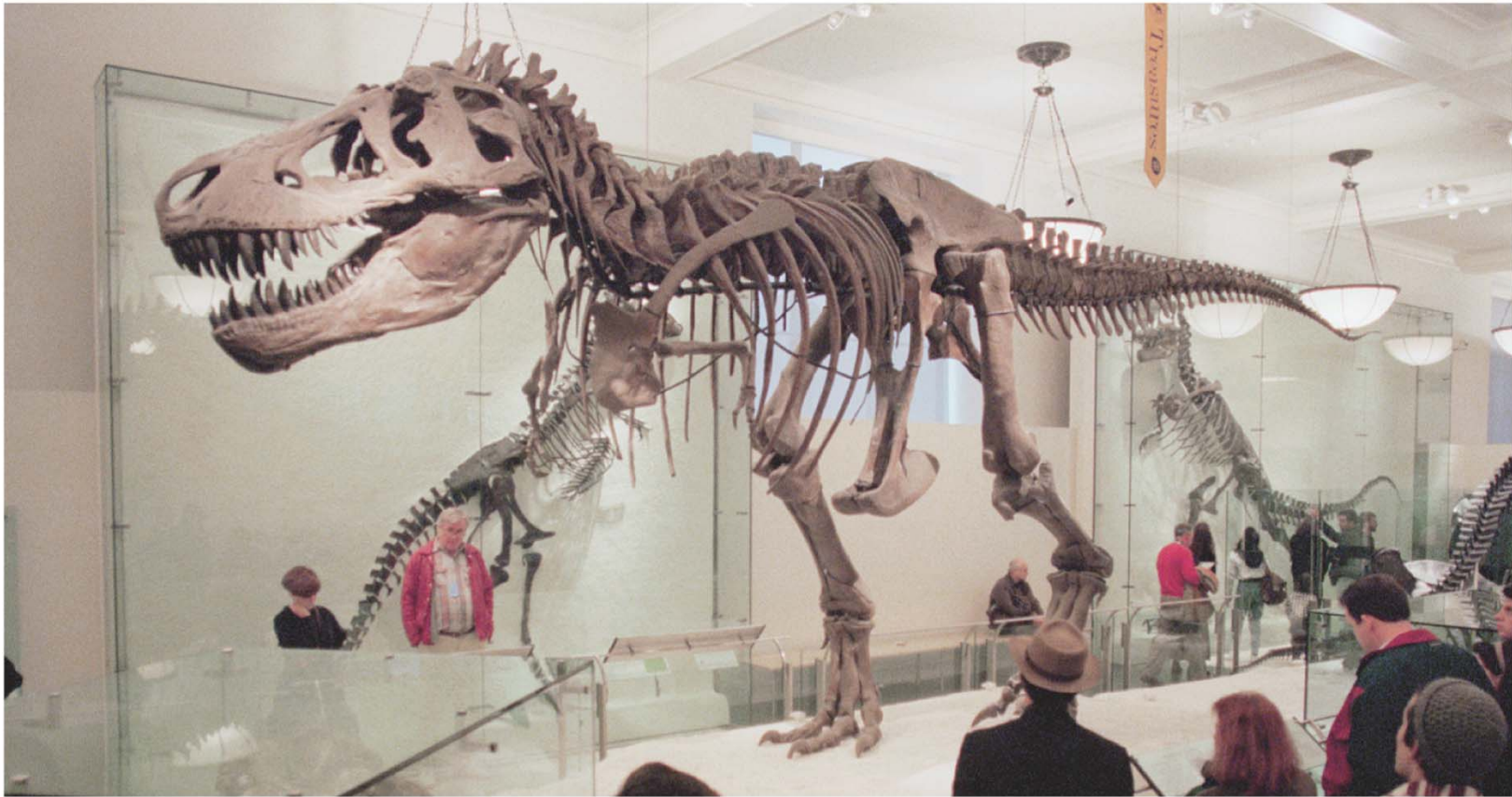
# ***La Escala de los Tiempos Geológicos***

- **Dificultades para datar la escala de tiempos geológicos**
  - **Los materiales datables (como las cenizas volcánicas y las intrusiones ígneas) suelen emplearse para acotar los distintos episodios de la historia geológica y definir, por tanto, edades**



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

# ***La Extinción K-T***



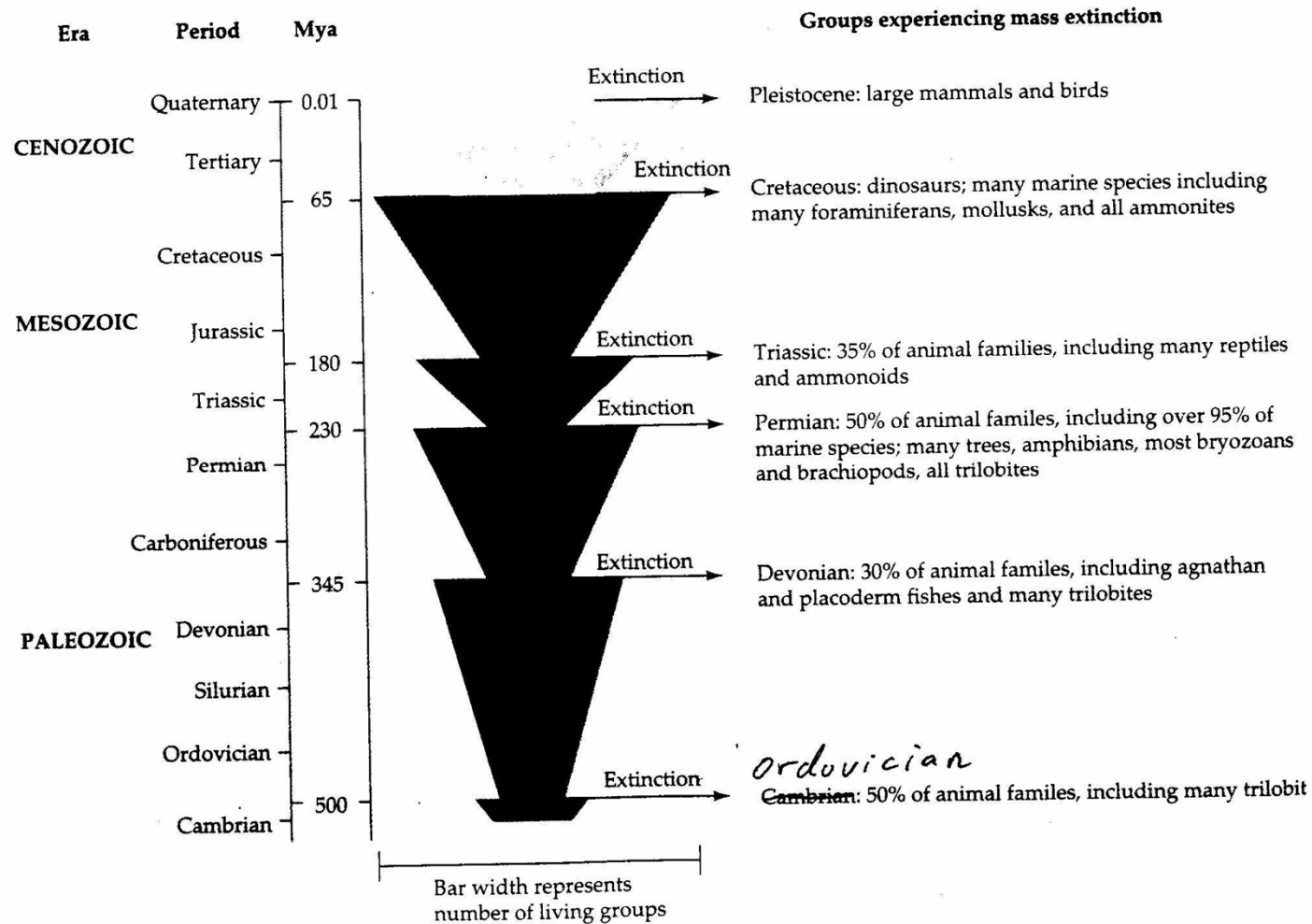
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# ***La Extinción K-T***

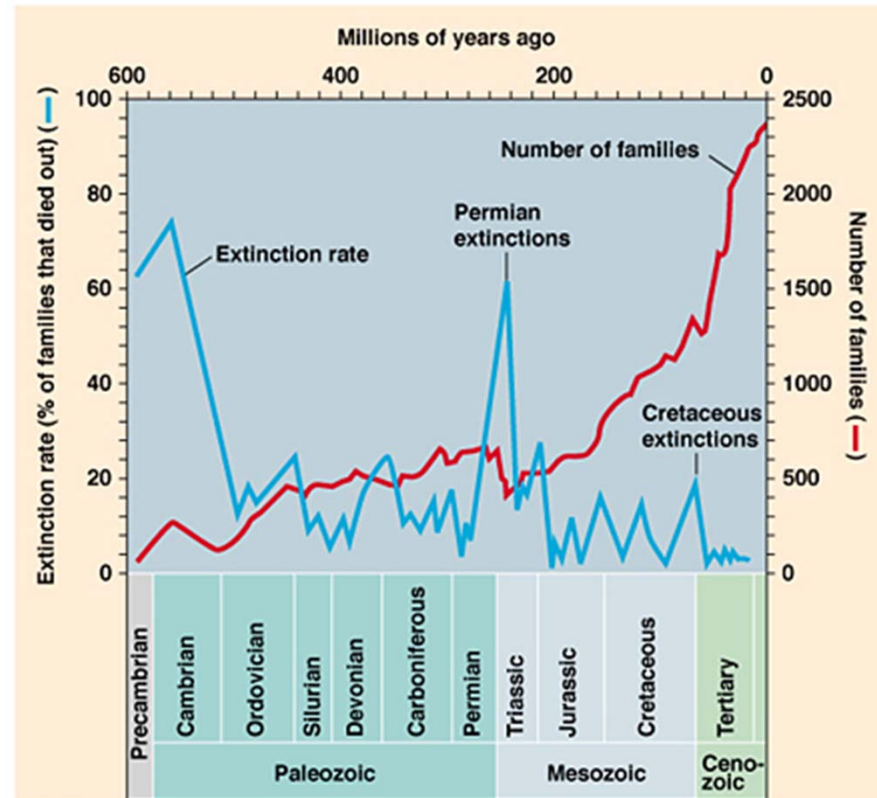
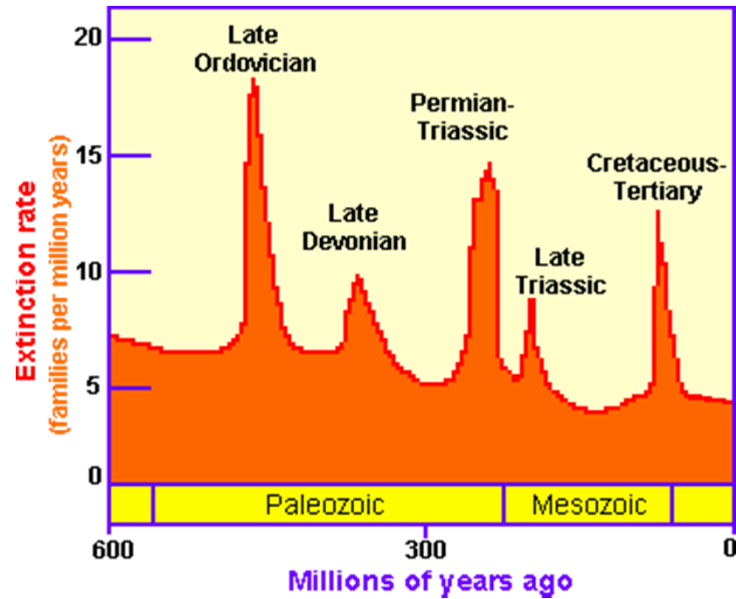


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Extinciones



# Extinciones



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.