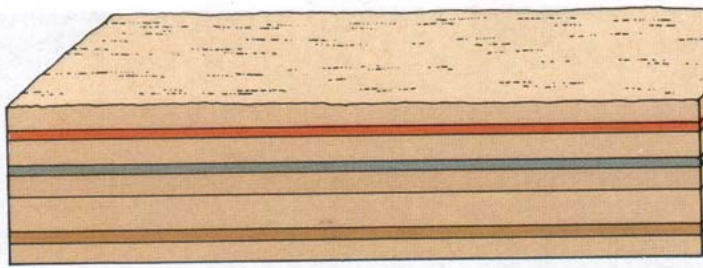


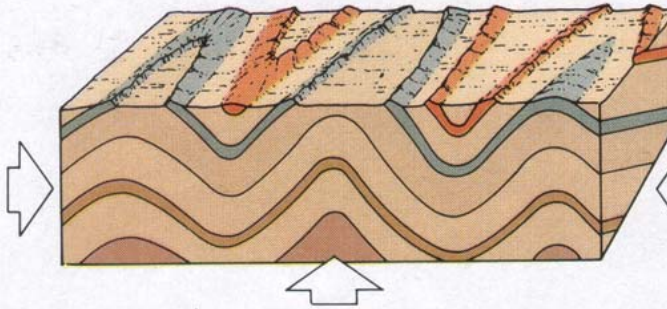
# TIEMPO GEOLÓGICO

- **EL TIEMPO GEOLÓGICO SE MIDE POR LOS CAMBIOS, Y LOS CAMBIOS OCURREN A DIFERENTES ESCALAS DE TIEMPO Y ESPACIO.**
- **LAS ROCAS SON LAS QUE MARCAN EL PASO DEL TIEMPO GEOLÓGICO. ELLAS SON EL TESTIMONIO DE LOS CAMBIOS QUE OCURREN EN LA NATURALEZA,,**
- **NUESTRO PLANETA TIENE UN VASTO ARCHIVO NATURAL QUE REVELAN LOS EPISODIOS DE LOS NUMEROSOS EPISODIOS CAMBIOS GEOLÓGICOS HABIDOS EN EL PASADO.**
- **LA INTERPRETACIÓN DE LAS ROCAS COMO PRODUCTO Y REGISTRO DE EVENTOS EN LA HISTORIA DE LA TIERRA ESTÁ BASADA EN EL PRINCIPIO DEL UNIFORMITARIANISMO, QUE ESTABLECE QUE LAS LEYES DE LA NATURALEZA NO CAMBIAN CON EL TIEMPO.**

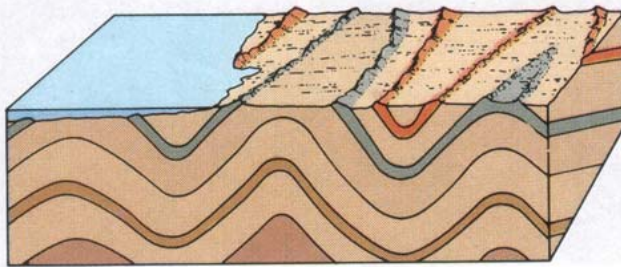
- EL ENORME ABISMO DEL TIEMPO GEOLÓGICO FUE DECUBIERTO EN EDINBURGO, EN LOS AÑOS 1770, POR JAMES HUTTON, QUIÉN CAMBIO EL PENSAMIENTO CONVENCIONAL QUE EXISTÍA EN ESOS DÍAS, CUANDO SE ACEPTABA QUE LA TIERRA TENÍA LA EDAD DE 6000 AÑOS, ESTABLECIDA POR EL ARZOBISPO DE USHER (1581-1656) A PARTIR DE LA RECAPITULACIÓN DE LA CRONOLOGÍA BÍBLICA (22 de octubre del 4004 A.C.)
- CON SU DESCUBRIMIENTO MOSTRÓ QUE LAS RAICES DEL TIEMPO ERAN MUCHO MAS PROFUNDAS QUE LO QUE CUALQUIER OTRO HABÍA SUPUESTO.



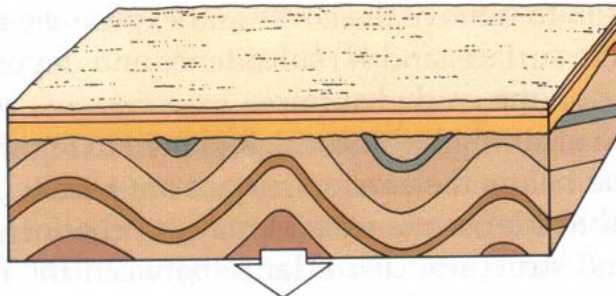
**EL TIEMPO GEOLÓGICO ES CONTINUO,  
ESTO ES, NO TIENE INTERRUPCIONES.**



**SIN EMBARGO, EN CADA SECUENCIA DE  
ROCAS O REGISTRO SE OBSERVAN  
DISCONTINUIDADES MAYORES  
("unconformities" o discordancias), QUE  
REVELAN INTERRUPCIONES  
SIGNIFICATIVAS DE LOS PROCESOS  
FORMADORES DE ROCAS.**



**ALGUNAS DE ESTAS INTERRUPCIONES  
MAYORES, O QUIEBRES EN LA  
CONTINUIDAD DE LA COLUMNA  
ESTRATIGRÁFICA, SEPARAN  
FORMACIONES DE ROCAS DE EDADES MUY  
DISTINTAS, ADEMÁS DE SER LITOLÓGICA  
Y ESTRUCTURALMENTE MUY DIFERENTES.**



**ENTRE AMBAS FORMACIONES EXISTE UNA  
RELACIÓN DE CONTACTO DISCORDANTE,  
QUE SE CONOCE CON EL NOMBRE  
DE DISCORDANCIA ANGULAR**

**HUTTON OBSERVÓ, A LO LARGO DE LA COSTA DE ESCOCIA, QUE CADA FORMACIÓN ROCOSA, SIN IMPORTAR SU EDAD, ERA EL PRODUCTO DE LA EROSIÓN DE OTRAS ROCAS MAS ANTIGUAS.**



# DISCORDANCIA ANGULAR



# **LA EXISTENCIA DE UNA DISCORDANCIA ANGULAR**

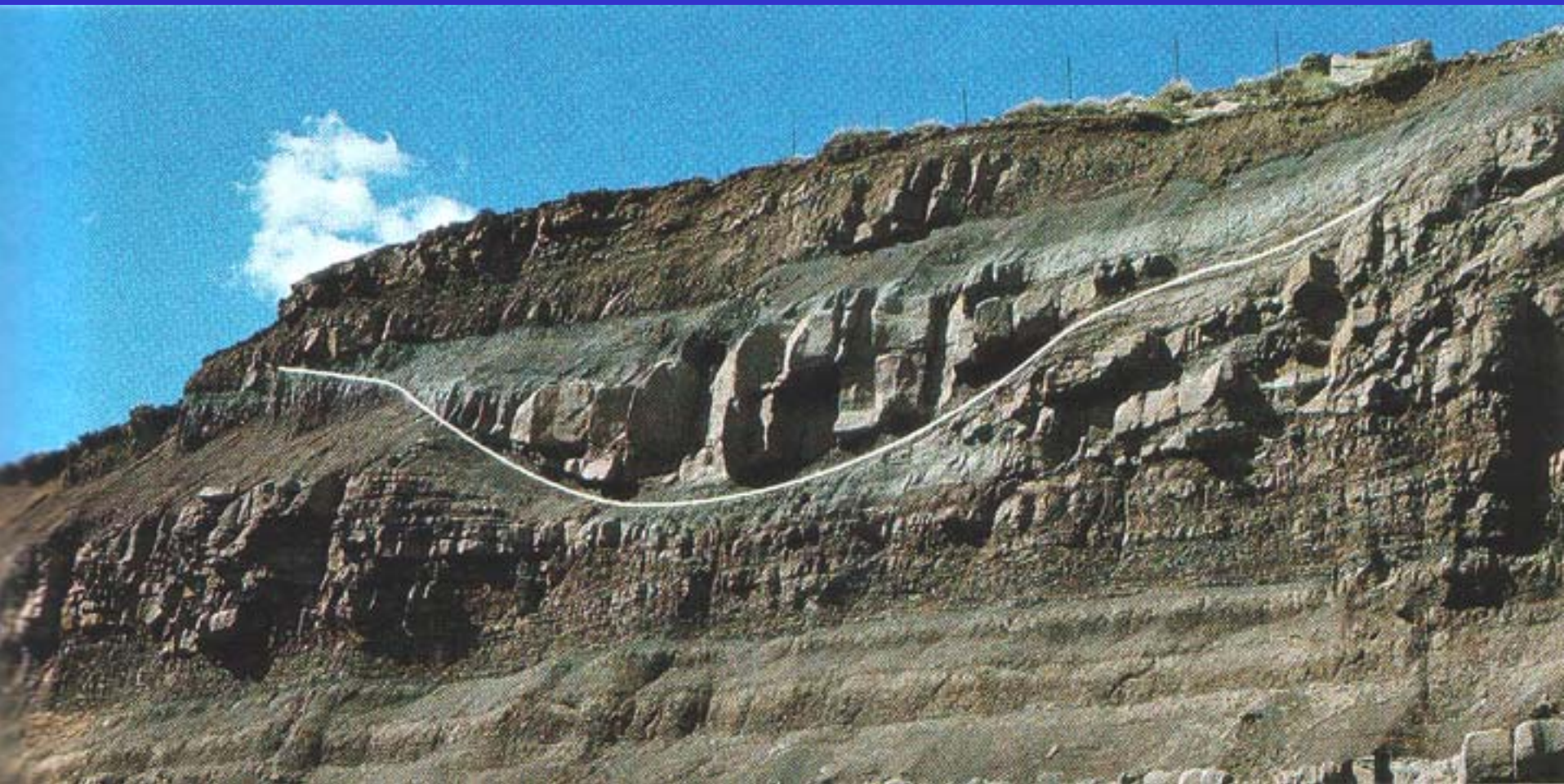
**IMPLICA ACEPTAR LOS EVENTOS GEOLÓGICOS**

**SIGUIENTES:**

- **a) formación de rocas ( estratificadas)**
- **b) plegamiento, metamorfismo o intrusión**
- **c) solevantamiento y erosión, que remueve la cobertura, hasta exponer en la superficie la roca plegada, metamórfica o intrusiva.**
- **d) subsidencia (hundimiento) y depositación de rocas sedimentarias (mas jóvenes) sobre la superficie erodada.**
- **e) plegamiento, nuevo solevantamiento y erosión.**

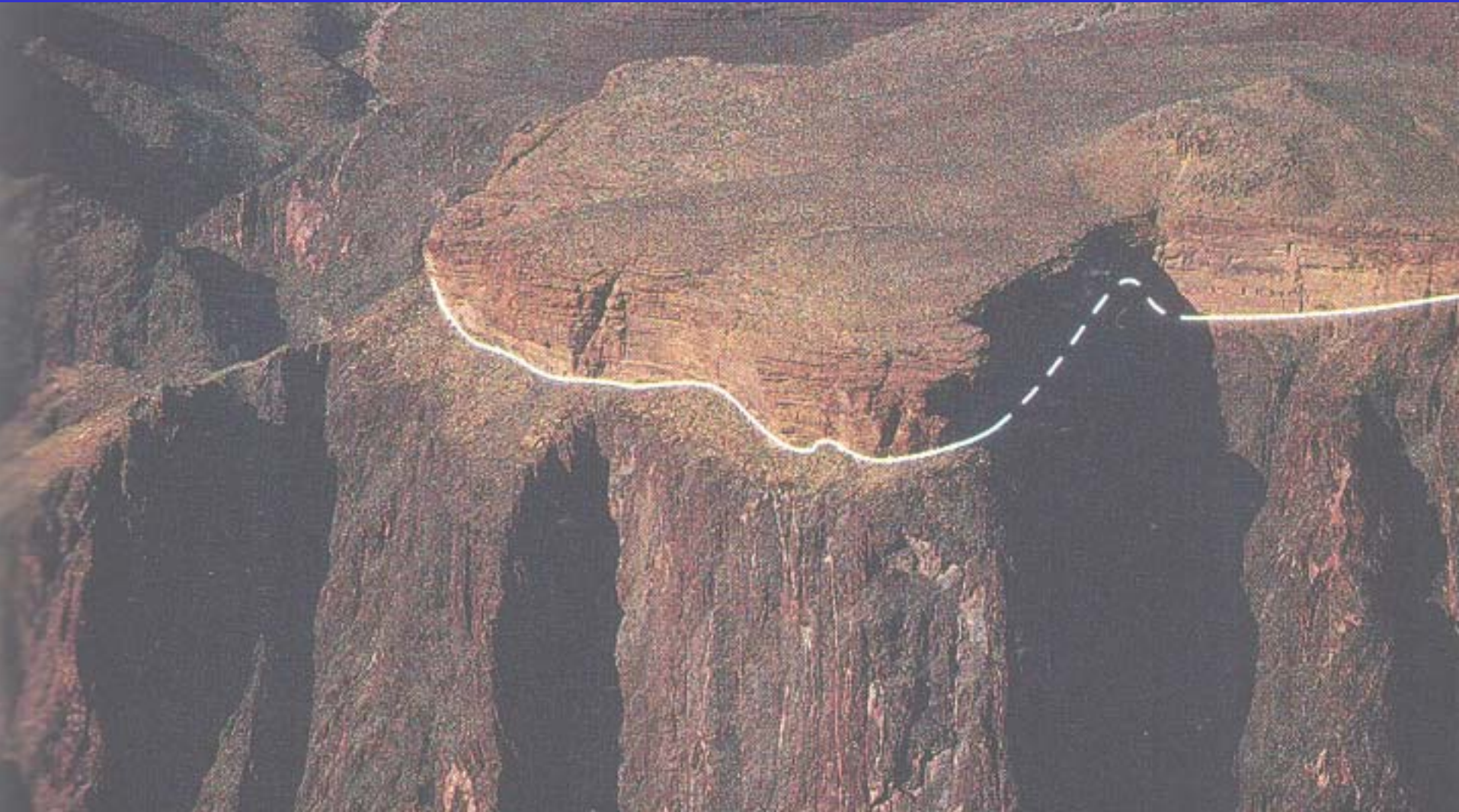


**OTRO TIPO DE DISCONTINUIDAD ES LA DISCORDANCIA DE EROSIÓN (o “disconformity”), DONDE NO HA HABIDO PLEGAMIENTO PREVIO y LA SUPERFICIE DE EROSIÓN ES PARALELA A LOS ESTRATOS DE AMBAS UNIDADES**





# DISCORDANCIA DE EROSIÓN





# EDADES RELATIVAS

- **SE DETERMINAN POR EL ORDEN CRONOLÓGICO DE LAS SECUENCIAS O DE LOS EVENTOS.** Los principios mas importantes que se aplican para determinar edades relativas son principios de marcada simplicidad y universalidad
  - a) principio de **SUPERPOSICIÓN**
  - b) principio de la **SUCESIÓN FAUNÍSTICA**
  - c) principio de **CORTE** o de **CONTACTO** entre dos cuerpos de roca
  - d) principio de las **INCLUSIONES**
  - e) principio de la **SUCESIÓN DE DESARROLLO DEL PAISAJE**
- **LA EDAD RELATIVA IMPLICA QUE NO SE DEDUCEN VALORES CUANTITATIVOS O ABSOLUTOS DE TIEMPO. SÓLO SE DEDUCE QUE UN EVENTO OCURRIÓ MAS TEMPRANO O MAS TARDE QUE OTRO.**

Los estratos, a medida que se van depositando en la cuenca, van sobreponiéndose horizontalmente uno sobre el otro, de modo que el último en formarse va quedando siempre encima del mas viejo





# PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN





# PRINCIPIO DE CORTE

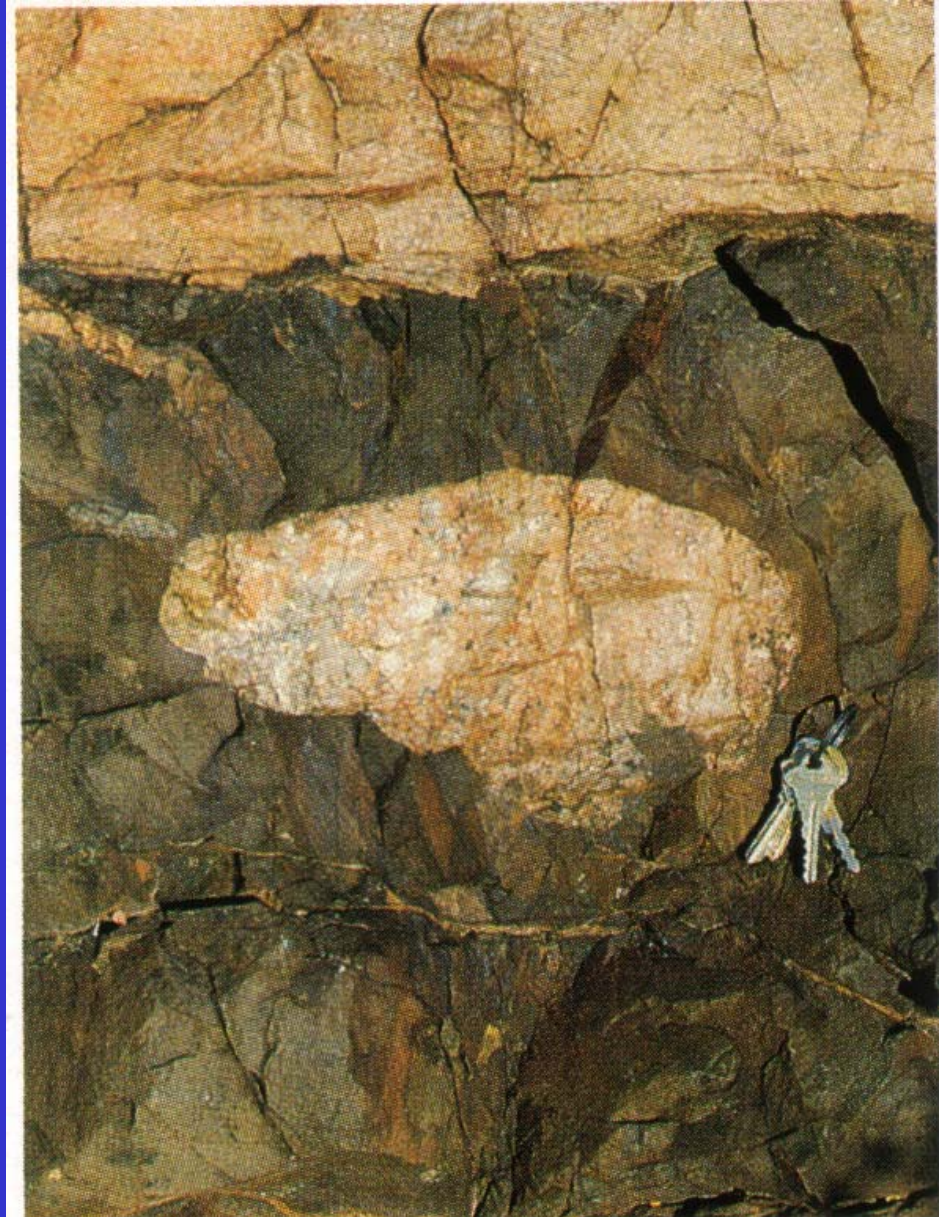


Escarpes de falla que cortan abanicos aluvionales muestran  
que son mas jóvenes que el abanico que cortan





# PRINCIPIO DE INCLUSIÓN

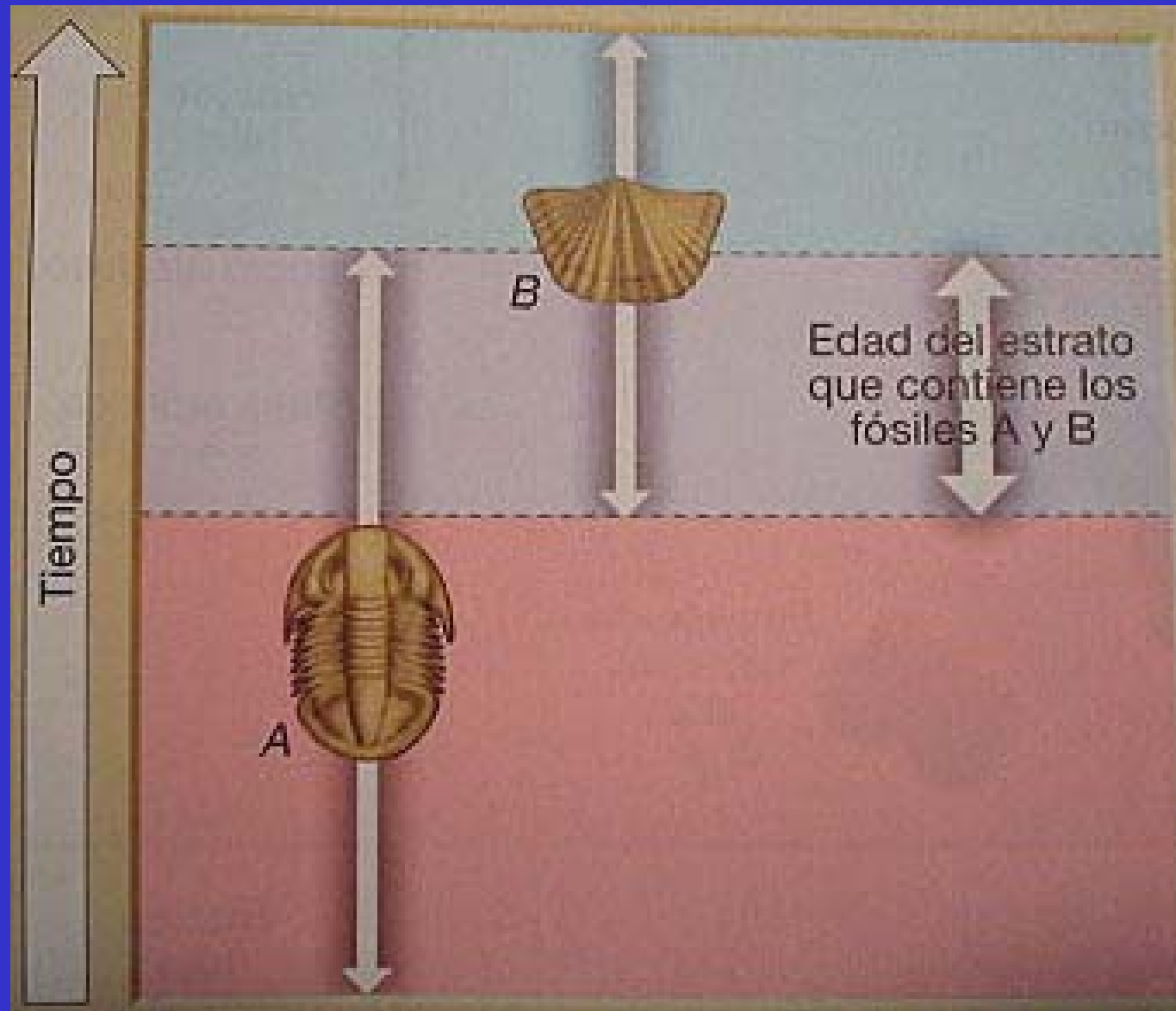




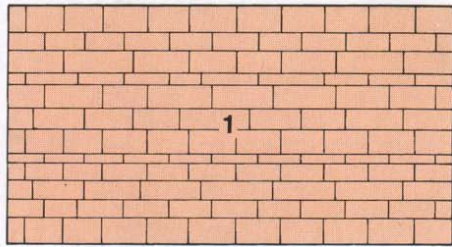
# PRINCIPIO DE CONTACTO



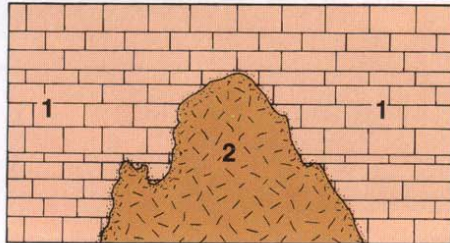
# PRINCIPIO DE ASOCIACIÓN FAUNÍSTICA



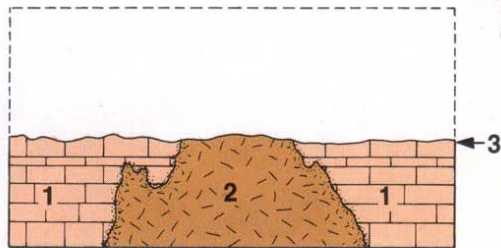




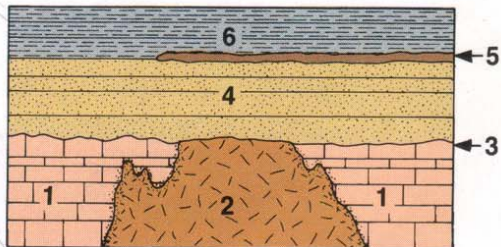
(A) A sequence of sedimentary rocks (1) is deposited.



(B) The sedimentary rocks are subsequently intruded by an igneous body (2).

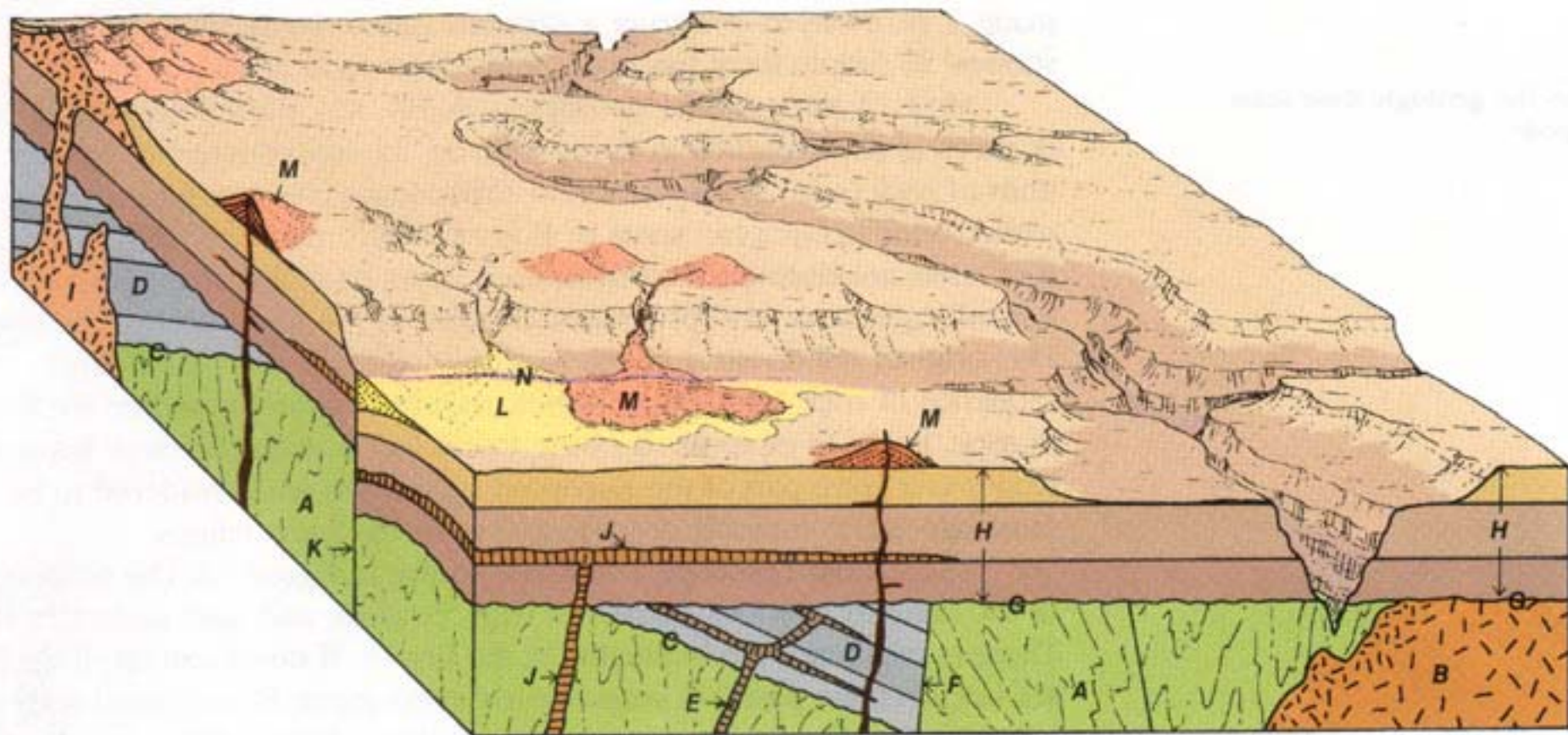


(C) Erosion (3) removes part of the sequence (1 and 2).



(D) Subsequent deposition of sediment (4) and extrusion of lava (5). The lava flow is covered by deposition of younger sedimentary rocks (6).



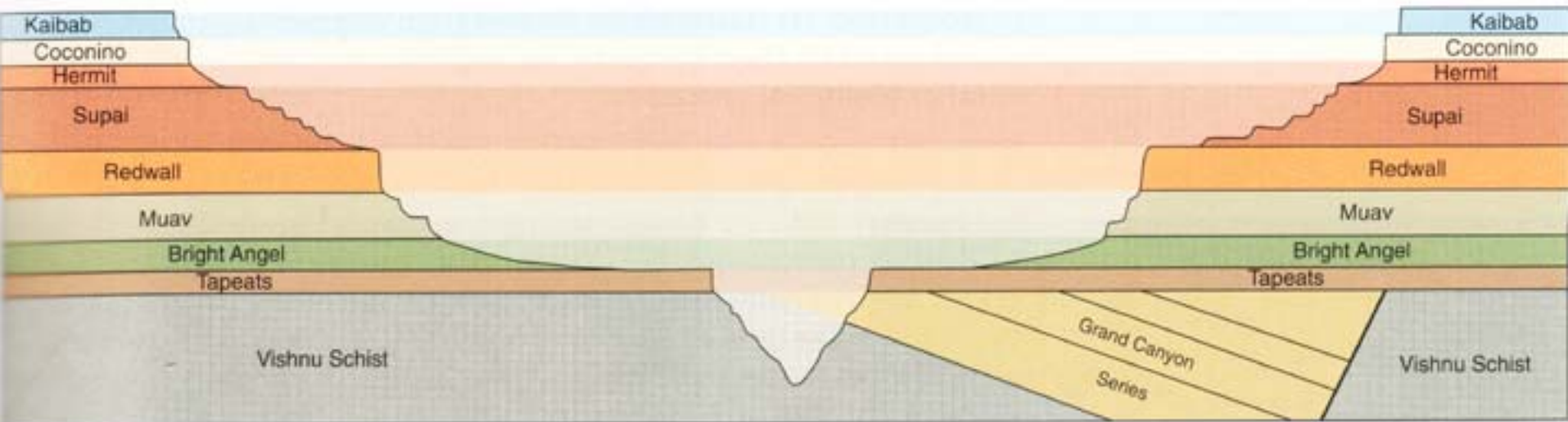


# SECUENCIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

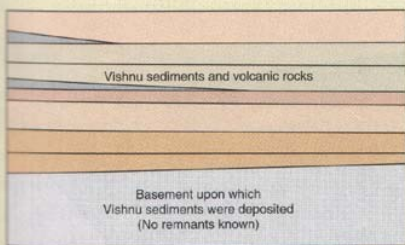


(A) Each major rock unit erodes into a distinctive landform. Formations that are resistant to weathering and erosion (such as sandstone

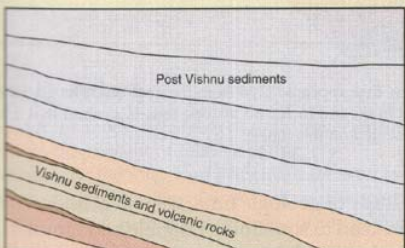
and limestone) erode into vertical cliffs. Rocks that weather easily (such as shale) form slopes or terraces.



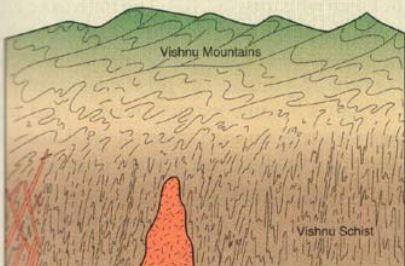




(A) Deposition of Vishnu sediment



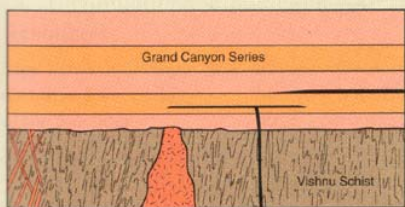
(B) Subsidence and burial of Vishnu sediment



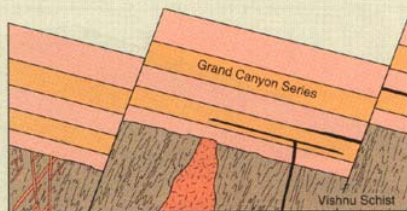
(C) Mountain building and metamorphism



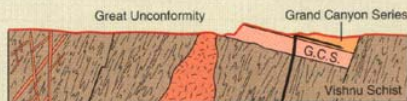
(D) Uplift and erosion



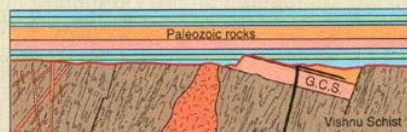
(E) Deposition of Grand Canyon Series



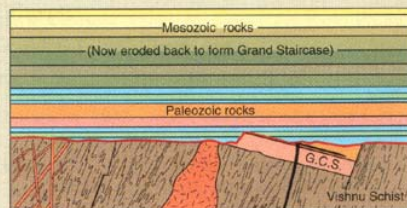
(F) Normal faulting



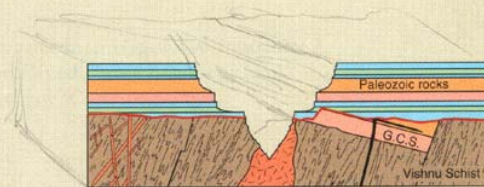
(G) Erosion and formation of Great Unconformity



(H) Deposition of Paleozoic rocks



(I) Deposition of Mesozoic and Cenozoic rocks



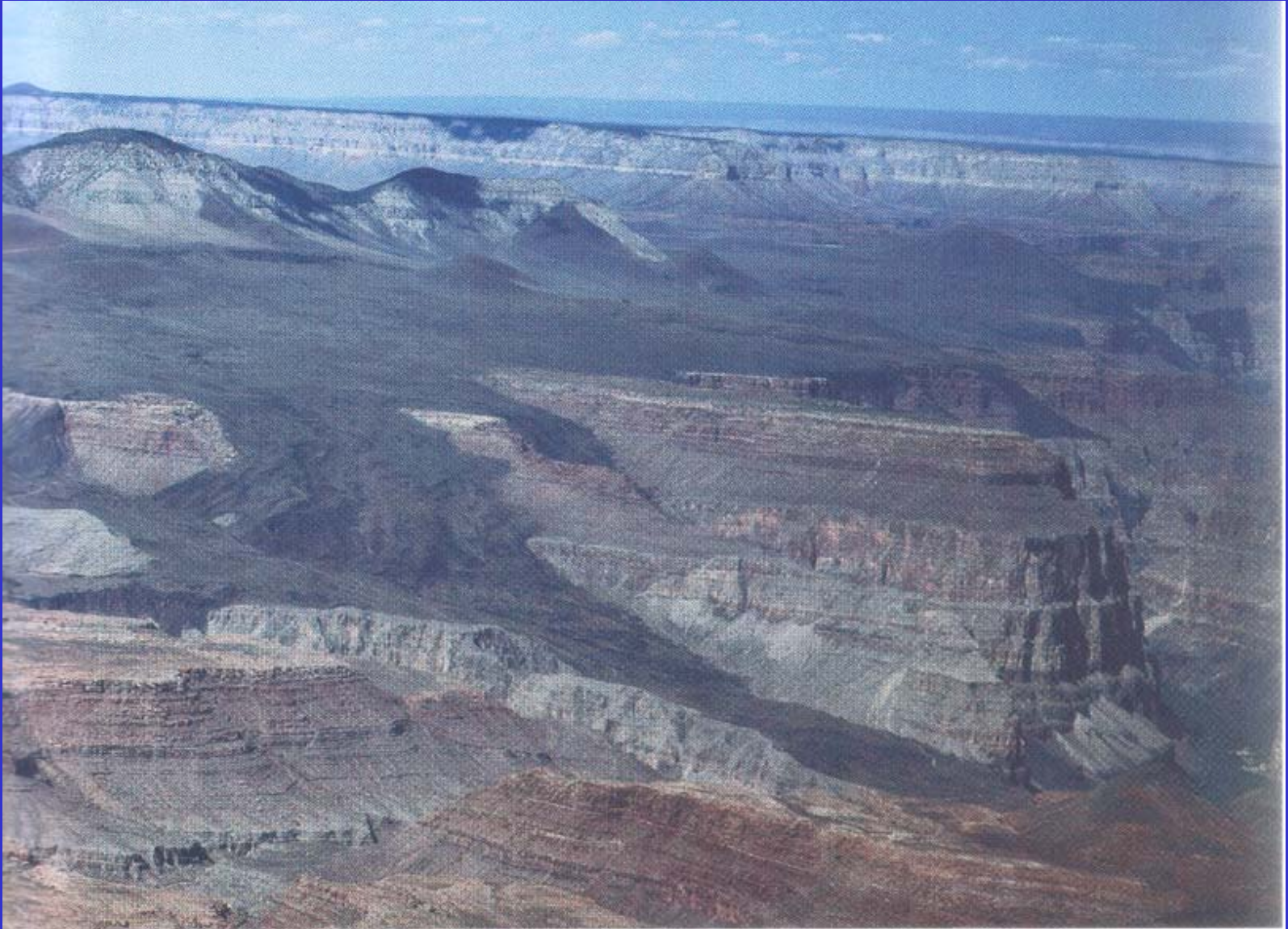
(J) Erosion of Grand Canyon



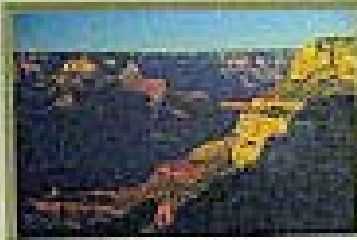
# LA COLUMNA GEOLÓGICA STANDAR

- USANDO LOS PRINCIPIOS DE EDADES RELATIVAS, SE HAN DETERMINADO SECUENCIAS CRONOLÓGICAS DE ROCAS DE DIFERENTES REGIONES DEL MUNDO.
- LUEGO, LAS SECUENCIAS DE LAS DIFERENTES PARTES DEL GLOBO SE HAN CORRELACIONADO ENTRE ELLAS, BÁSICAMENTE BASADO EN EL PRINCIPIO DEL CONTENIDO FAUNÍSTICO, HASTA ESTABLECER UNA ESCALA GEOLÓGICA STANDAR, QUE SIRVE COMO CALENDARIO PARA LA HISTORIA DE LA TIERRA
- Inicialmente se reconocieron las columnas en Europa, donde están bien expuestas, y después se han correlacionado con otras de todo el mundo.

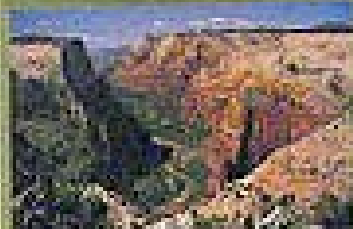
**LAS UNIDADES DE ROCAS SE DISTINGUEN UNA DE OTRAS POR CAMBIOS MAYORES EN EL TIPO DE ROCA, DISCORDANCIAS, O ABRUPTOS CAMBIOS VERTICALES EN EL CONTENIDO FAUNÍSTICO QUE CONTIENEN.**







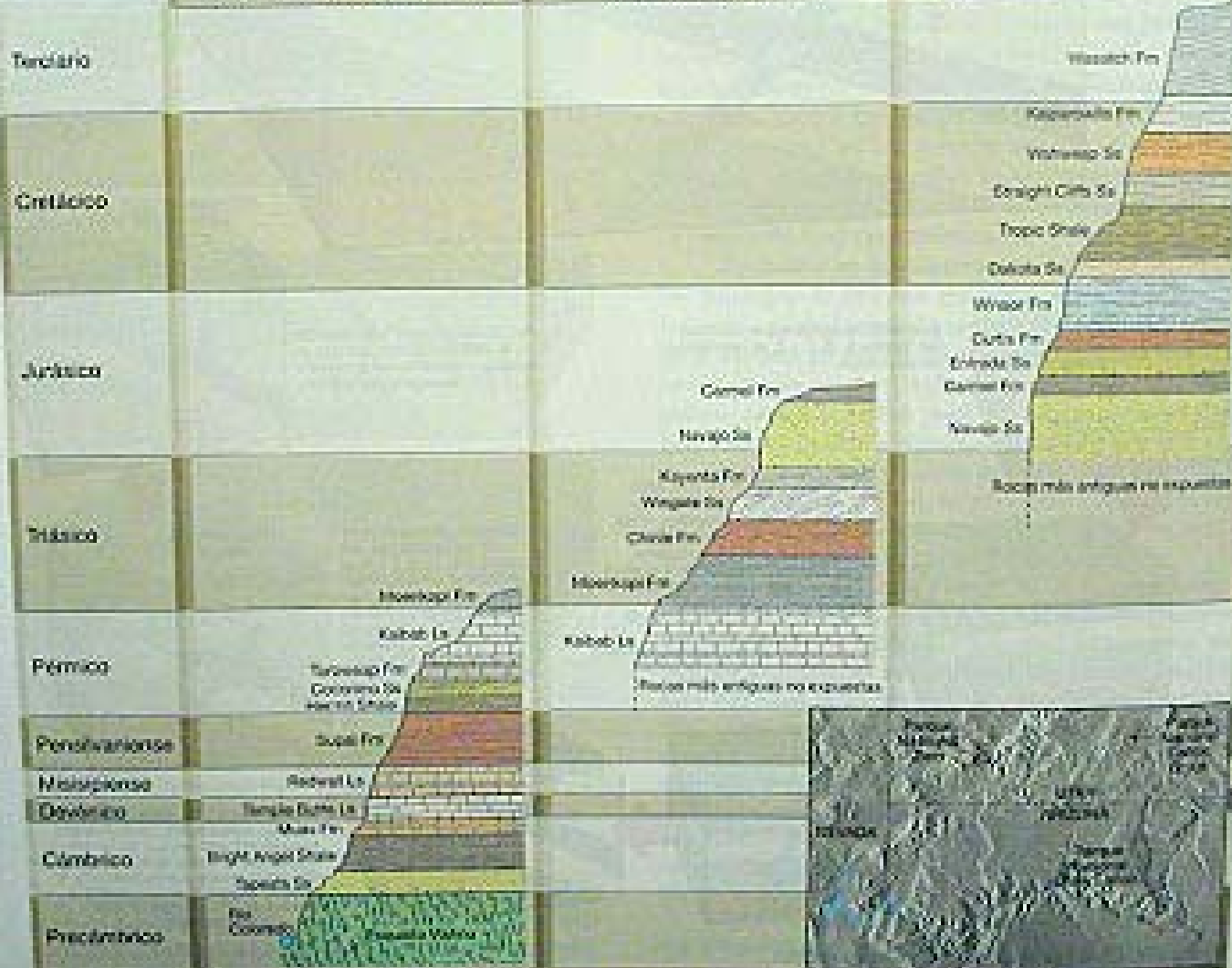
Parque Nacional Gran Cañón



Parque Nacional Zion



Parque Nacional Cañón Bryce



**LA SUBDIVISIÓN ORIGINAL DE LA COLUMNA ESTÁ BASADA EN LA SECUENCIA DE LAS FORMACIONES ROCOSAS EN EL ORDEN DE SUPERPOSICIÓN EN QUE FUERON ENCONTRADAS EN EUROPA.**



EON	ERA	Duration in millions of years	Millions of years ago
PHANEROZOIC	CENOZOIC	65	65
	MESOZOIC	183	248
	PALEOZOIC	325	544
PRECAMBRIAN	PROTEROZOIC	LATE	330
		MIDDLE	700
		EARLY	900
			1600
	ARCHEAN	LATE	500
		MIDDLE	400
		EARLY	400
			3800
	HADEAN		800
			4600

Era	Period	Epoch	Duration in millions of years	Millions of years ago
CENOZOIC	Quaternary	Holocene	0.01	0.01
	Tertiary	Pleistocene	1.8	1.8
		Pliocene	3.5	5.3
		Miocene	18.5	23.8
		Oligocene	9.9	33.7
		Eocene	21.1	54.8
		Paleocene	10.2	65
MESOZOIC	Cretaceous		79	144
	Jurassic		62	206
	Triassic		44	250
	Permian		36	286
PALEOZOIC	Carboniferous	Pennsylvanian	39	325
		Mississippian	35	360
		Devonian	50	410
	Silurian		30	440
	Ordovician		65	505
	Cambrian		39	544
	PRECAMBRIAN			

EN LA ESCALA RELATIVA DEL TIEMPO GEOLÓGICO, EL TIEMPO TRANSCURRIDO SE HA FRACCIONADO EN INTERVALOS CADA VEZ MENORES. LOS INTERVALOS MAYORES SE LES DENOMINA EONES (Criptozoico y Fanerozoico);

SUBDIVISIONES PROGRESIVAMENTE MENORES SON LAS ERAS (ej. Paleozoico, Mesozoico., Cenozoico).

LOS PERÍODOS (ej. Triásico, Jurásico, Cretácico), Y LAS EPOCAS



# TIEMPO ABSOLUTO

**EL TIEMPO ABSOLUTO DESIGNA UNA DURACIÓN ESPECÍFICA DE TIEMPO EN UNIDADES DE HORAS, DÍAS O AÑOS.**

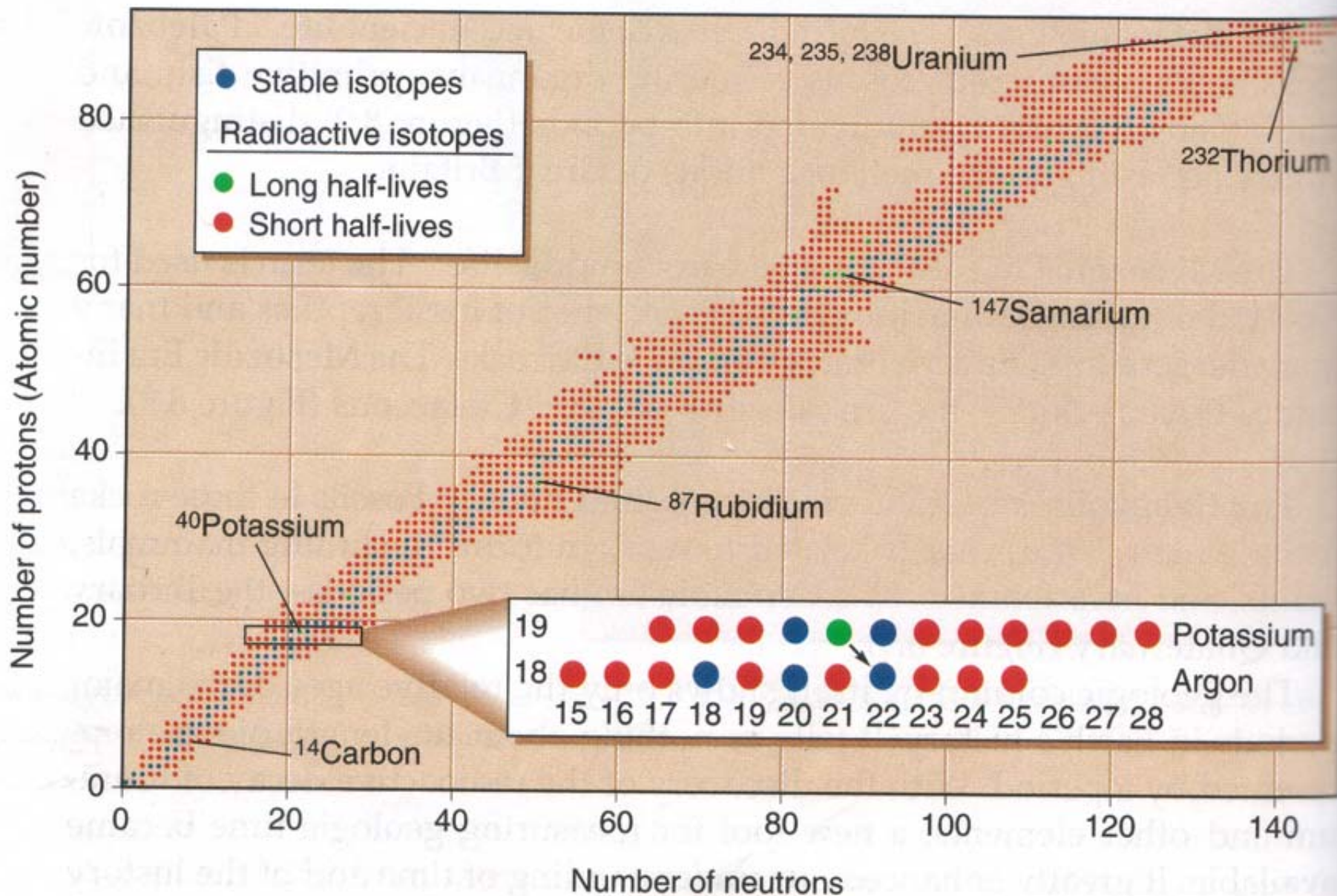
**LAS DATACIONES ABSOLUTAS HAN SIDO USADAS EXTENSIVAMENTE DURANTE LOS ÚLTIMOS 60 AÑOS, PARA PROVEER UNA ESCALA DE TIEMPO ABSOLUTO PARA LOS EVENTOS DE LA HISTORIA DE LA TIERRA.**

**UN MÉTODO PARA MEDIDAS DIRECTAS DE TIEMPO GEOLÓGICO, EN TÉRMINOS DE NÚMEROS ESPECÍFICOS DE AÑOS (datación absoluta), LO PROVEE EL PROCESO DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA QUE CARACTERIZA A ALGUNOS *ELEMENTOS ISÓTOPOS*, QUE SON INESTABLES**

**LARGOS PERÍODOS DE TIEMPO ABSOLUTO PUEDEN SER MEDIDOS POR LAS *DATACIONES RADIOMÉTRICAS*.**

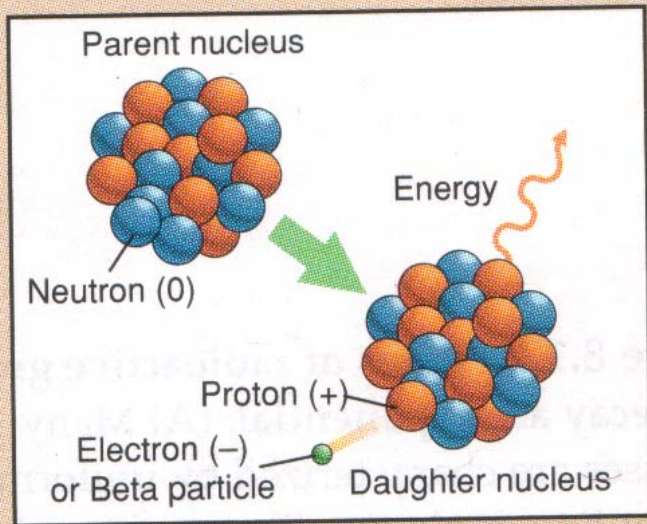


**LAS DATACIONES RADIOMÉTRICAS SE BASAN EN EL DECAIMIENTO RADIOACTIVO DE UN ELEMENTO ISÓTOPO INESTABLE (un elemento puede tener muchos isótopos diferentes, cada uno con diferente número de neutrones e igual número de protones, pero no todos son radioactivos).**

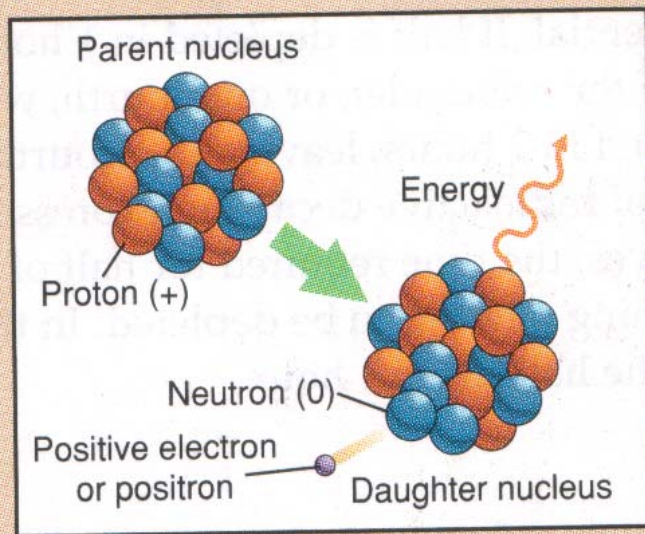




- LOS ELEMENTOS ISÓTOPOS SON ELEMENTOS CON IGUALES PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS, PERO CON DIFERENTE MASA ATÓMICA.
- LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN DETERMINADO ELEMENTO ESTÁN DELIMITADAS POR EL NÚMERO DE *PROTONES* EN EL NÚCLEO DE CADA ÁTOMO, LO QUE DISTINGUE A ESE ELEMENTO. PERO, NO OBSTANTE QUE EL NÚMERO DE PROTONES EN CADA ÁTOMO ES CONSTANTE, EL NÚMERO DE *NEUTRONES* PUEDE VARIAR, LO QUE SIGNIFICA QUE EL ÁTOMO DE UN DETERMINADO ELEMENTO PUEDE NO SER EXACTAMENTE IGUAL; PUEDE POSEER LAS PROPIEDADES DEL ELEMENTO PERO TIENE UNA MASA ATÓMICA DIFERENTE.



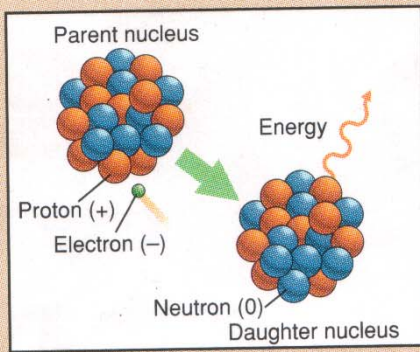
**(A)** Beta emission (Example: rubidium to strontium)



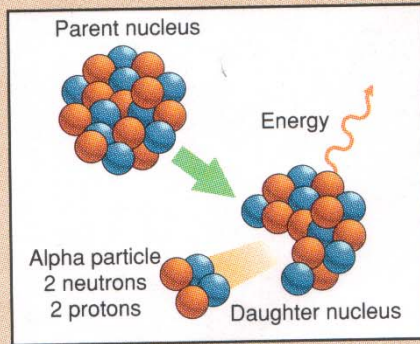
**(B)** Positron emission (Example: nitrogen to carbon)

**LA RADIOACTIVIDAD ES UNA REACCIÓN NUCLEAR ESPONTÁNEA, CARACTERIZADA POR LA EMISIÓN DE UNA RADIACIÓN QUE CAMBIA LOS NUCLEOS. EL NÚMERO DE PROTONES Y NEUTRONES EN EL NUCLEO CAMBIA Y EL ÁTOMO SE TRANSFORMA EN UN ELEMENTO DIFERENTE, QUE PUEDE SER ESTABLE**

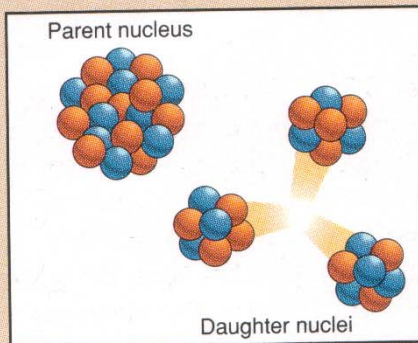




(C) *Electron capture (Example: potassium to argon)*



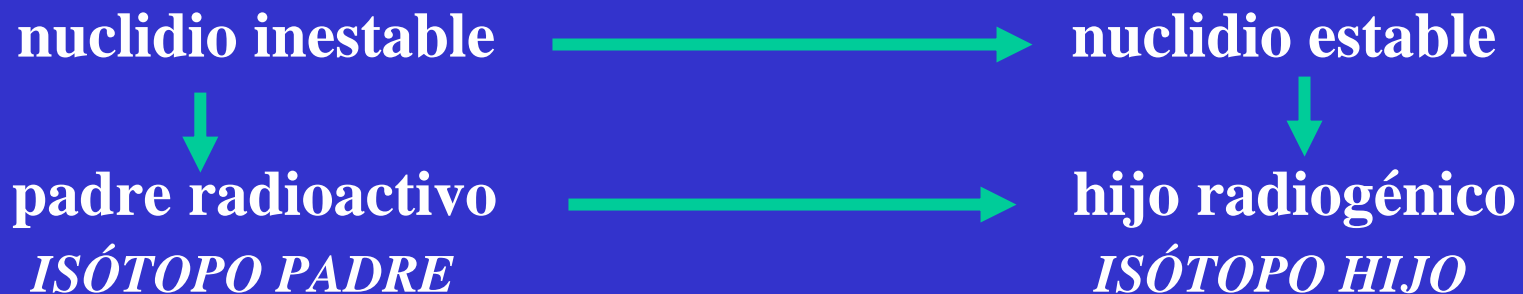
(D) *Alpha emission (Example: uranium to thorium)*



(E) *Spontaneous fission (Example: uranium to various elements)*

ALGUNOS ELEMENTOS  
ISÓTOPOS SON INESTABLES;  
SON RADIOACTIVOS  
NATURALES, PRODUCIENDO  
UN CAMBIO EN EL NÚMERO DE  
PROTONES, DE MODO QUE EL  
ÁTOMO SE TRANSFORMA EN  
UN ELEMENTO DIFERENTE,  
CON PROPIEDADES FÍSICAS Y  
QUÍMICAS DISTINTIVAS.

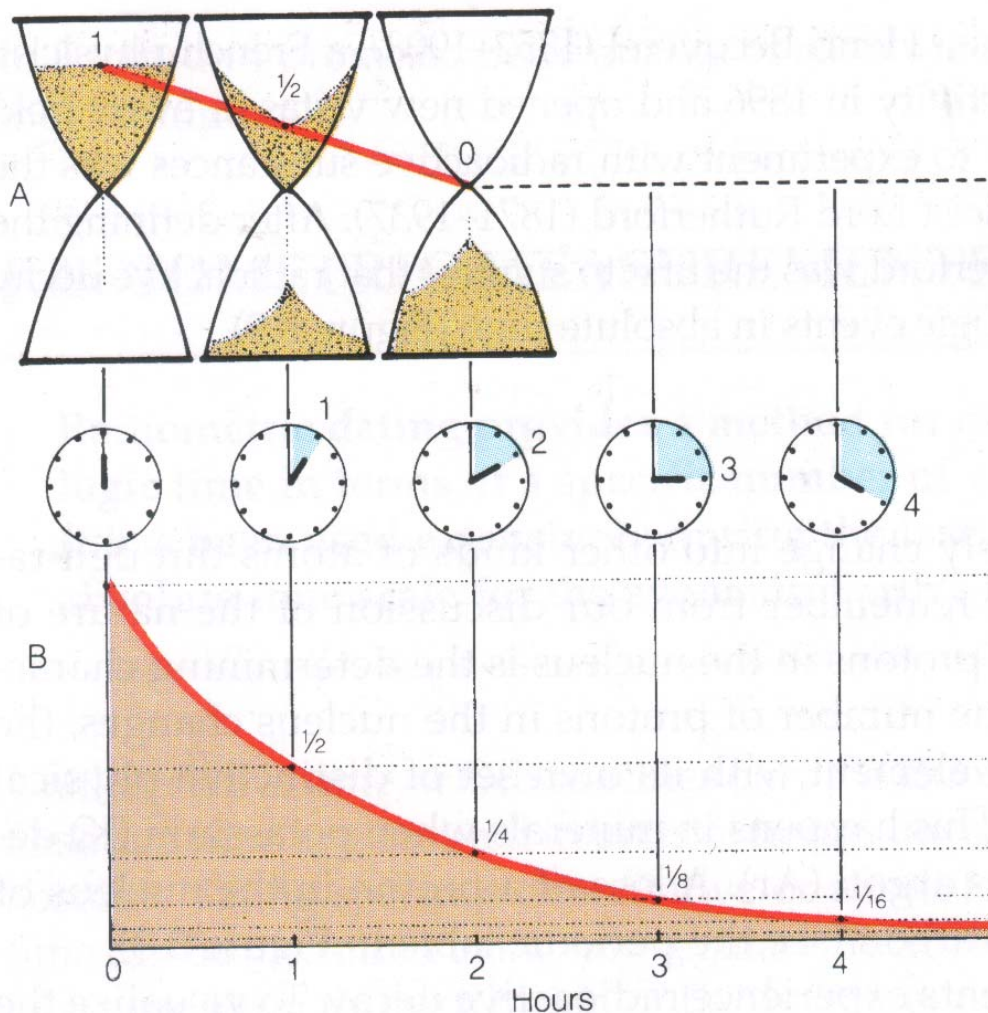
- LA TRANSFORMACIÓN DE UN NUCLIDIO EN OTRO SE HACE POR CASUALIDAD; NO SE PUEDE PREDECIR EL MOMENTO EN QUE ESTO SUCEDERÁ. EN ALGÚN MOMENTO LAS FUERZAS DE LIGAZÓN Y REPULSIÓN NUCLEARES NO ESTÁN EN EQUILIBRIO, SALE UNA PARTÍCULA Y DA ORIGEN A UN NÚCLEO ESTABLE. LARGOS PERÍODOS DE TIEMPO ABSOLUTO PUEDEN SER MEDIDOS POR LAS DATAACIONES RADIOMÉTRICAS.
- EL ÁTOMO QUE SE DESINTEGRA ES EL PADRE RADIOACTIVO (“ISÓTOPO PADRE”), Y EL PRODUCTO QUE RESULTA ES EL HIJO RADIOGÉNICO (“ISÓTOPO HIJO”)





- CADA ISÓTOPO RADIOACTIVO SE DESINTEGRA A UNA VELOCIDAD DETERMINADA, QUE SE CONOCE COMO “CONSTANTE DE DESINTEGRACIÓN” (noción de desintegración: duración de vida de un radio elemento).
- ESTA CONSTANTE DE DESINTEGRACIÓN NO ES AFECTADA POR NINGÚN PROCESO FÍSICO NI QUÍMICO CONOCIDO (se ha intentado modificarlo, pero sin éxito)

# LA TASA DEL DECAIMIENTO Y CRECIMIENTO RADIOACTIVO ES EXPONENCIAL (esto es, no es uniforme como mucho otros procesos, cuyo decaimiento es en línea recta, tal como se agota la arena en un reloj de vidrio )



EL TIEMPO NECESARIO PARA LA DESINTEGRACIÓN DE LA MITAD DE LOS ÁTOMOS PADRES SE CONOCE COMO “PERÍODO” DEL RADIO ELEMENTO O “VIDA-MEDIA”. EN UNA VIDA-MEDIA LA MITAD DE LOS ÁTOMOS ORIGINALES DECAE; EN UNA SEGUNDA VIDA MEDIA, LA MITAD DE LOS ÁTOMOS REMANENTES DECAE (UN CUARTO DE LOS ÁTOMOS ORIGINALES); EN UNA TERCERA VIDA MEDIA, LA MITAD DEL CUARTO REMANENTE DECAE, Y ASÍ SUCESIVAMENTE.

- EL TIEMPO DE FORMACIÓN DE UN CRISTAL, QUE CONTIENE UN ELEMENTO RADIOACTIVO, SE PUEDE CALCULAR A PARTIR DE LA VELOCIDAD CON QUE EL ELEMENTO PARTICULAR DECAE. EN UNA REACCIÓN DE DECAIMIENTO SIMPLE, LA CANTIDAD DE ISÓTOPO PADRE SE PUEDE COMPARAR CON LA CANTIDAD DE ISÓTOPO HIJO.
- MUCHOS ISÓTOPOS DECAEN RÁPIDAMENTE, PERDIENDO SU RADIOACTIVIDAD EN SÓLO ALGUNOS DÍAS O AÑOS, PERO OTROS DECAEN MUY LENTAMENTE Y PUEDEN SER USADOS COMO RELOJES ATÓMICOS

ISÓTOPOS	RADIOACTIVOS	COMÚNMENTE	USADOS	EN
		DATAIONES	ABSOLUTAS	
Uranio-328		Plomo-206	4.5	billones
Uranio-235		Plomo-207	704	millones
Thorio-232		Plomo-208	14.0	billones
Rubidio-87		Stroncio-87	48.8	billones
Potacio-40		Argón_40	1.25	billones
Carbono-14		Hidrógeno-14	5,730	años
Hidrógeno-3		Helio-3	12.3	años



# P R E M I S A S

- CONOCER CON PRECISIÓN LA CONSTANTE DE DESINTEGRACIÓN
- CONOCER CON PRECISIÓN LA CANTIDAD DE ISÓTOPOS PADRES E ISÓTOPOS HIJOS
- LA ROCA DEBE TENER UN SISTEMA GEOQUÍMICO CERRADO (sin pérdida ni ganancia de isótopos)
- NO CONTENER ISÓTOPOS HIJOS EN EL MOMENTO QUE LA ROCA SE FORMA
- TIEMPO DE FORMACIÓN CORTO RESPECTO A LA EDAD DE LA ROCA

# MÉTODO DE ACUMULACIÓN

Cuanto mayor es el número de Isótopos Hijo, mayor es la edad de la roca

- MÉTODO Rb / St (Período largo: 48.8 billons.)

Rb 87 (inestable)

St 87 (estable)

40 Ma — — — — 70 Ma  4.500 Ma

- MÉTODO K 40 / Ar 40

15.000 ..... 50.000  4.500 Ma

- MÉTODO U 238 / Pb 206

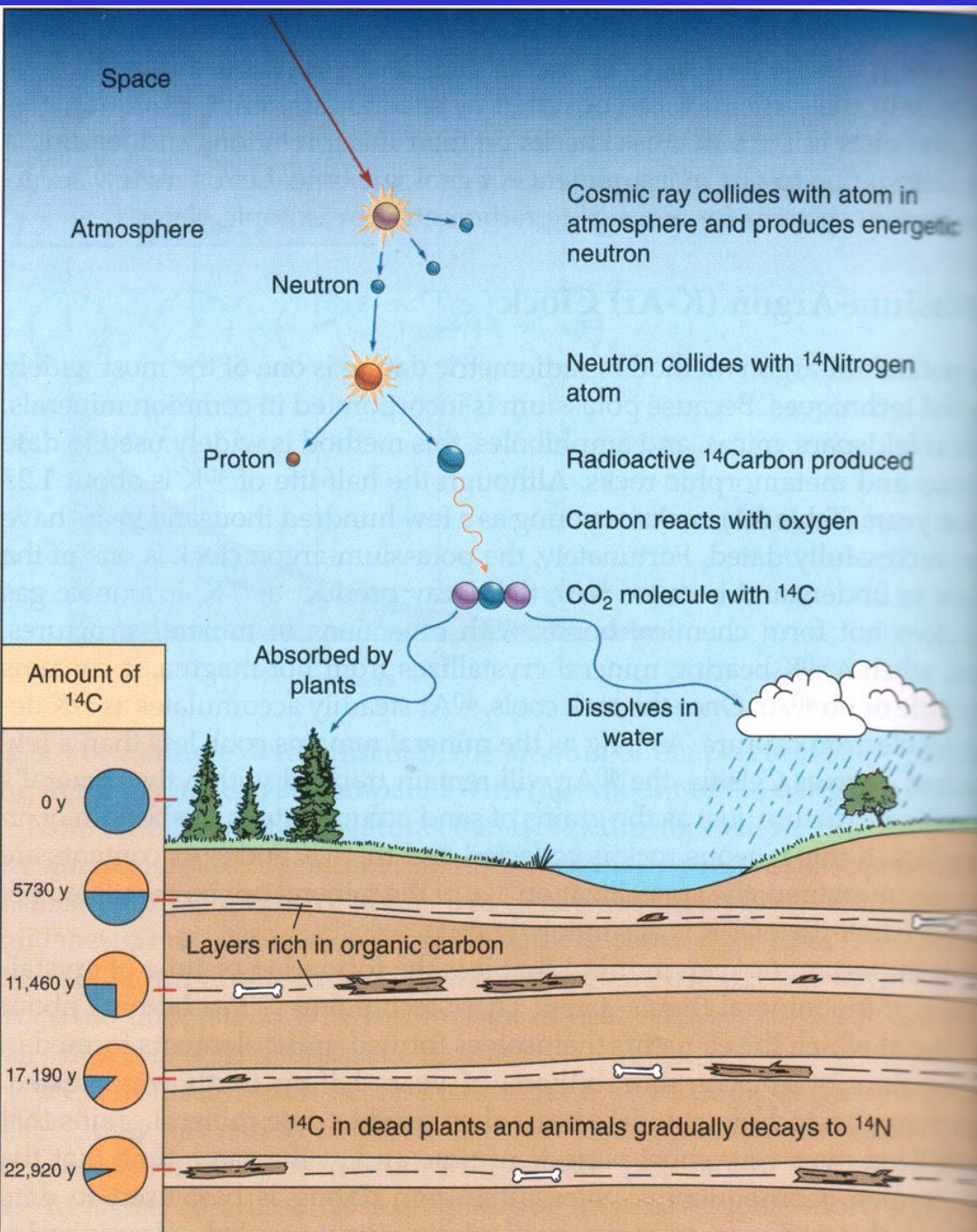
0.5 ..... 1 Ma  4.500 Ma

La cantidad de isótopos es constante durante la vigencia del sistema.

Se rompe el equilibrio y disminuye la cantidad de isótopo con el tiempo

- **MÉTODO C 14 (continuamente producido en la estratósfera)**
- RAYOS CÓSMICOS COLISIONAN CON ÁTOMOS EN LA ATMÓSFERA (se producen neutrón)
- NEUTRONES COLISIONAN CON ÁTOMOS DE N 14 (se producen átomo de C 14 + 1 protón)
- C 14 ES RADIOACTIVO Y SE DESINTEGRA (vuelve a generar N 14 + 1 electrón)
- C 14 REACCIONA CON OXÍGENO Y SE INTEGRA AL CICLO DEL C O 2 (DIÓXIDO DE CARBONO ES ABSORVIDO POR LAS PLANTAS (fotosíntesis) O DISUELTO EN AGUA ) Carbón Ordinario = C O 3
- C 14 está comprometido con moléculas de gas carbónico (C O 3)
- MIENTRAS EL ANIMAL O PLANTA ESTÁN VIVOS, LA PROPORCIÓN DE C 14 ES CONSTANTE (generación y desintegración). CUANDO LA PLANTA O ANIMAL MUERE, SE ROMPE EL EQUILIBRIO Y EL C 14 NO ES RENOVADO Y GRADUALMENTE DECAE a N 14 (+ o - por 30.000 años)





RAYOS CÓSMICOS COLISIONAN CON ÁTOMOS EN LA ATMÓSFERA

(se producen neutrón)

NEUTRONES COLISIONAN CON ÁTOMOS DE N 14

(se producen átomo de C 14 + 1 protón)

C 14 ES RADIOACTIVO Y SE DESINTEGRA (vuelve a generar N 14 + 1electrón)

C 14 REACCIONA CON OXÍGENO Y SE INTEGRA AL CICLO DEL C O 2 (DIÓXIDO DE CARBONO ES ABSORVIDO POR LAS PLANTAS (fotosíntesis) O DISUELTO EN AGUA )

Carbón Ordinario = C O 3

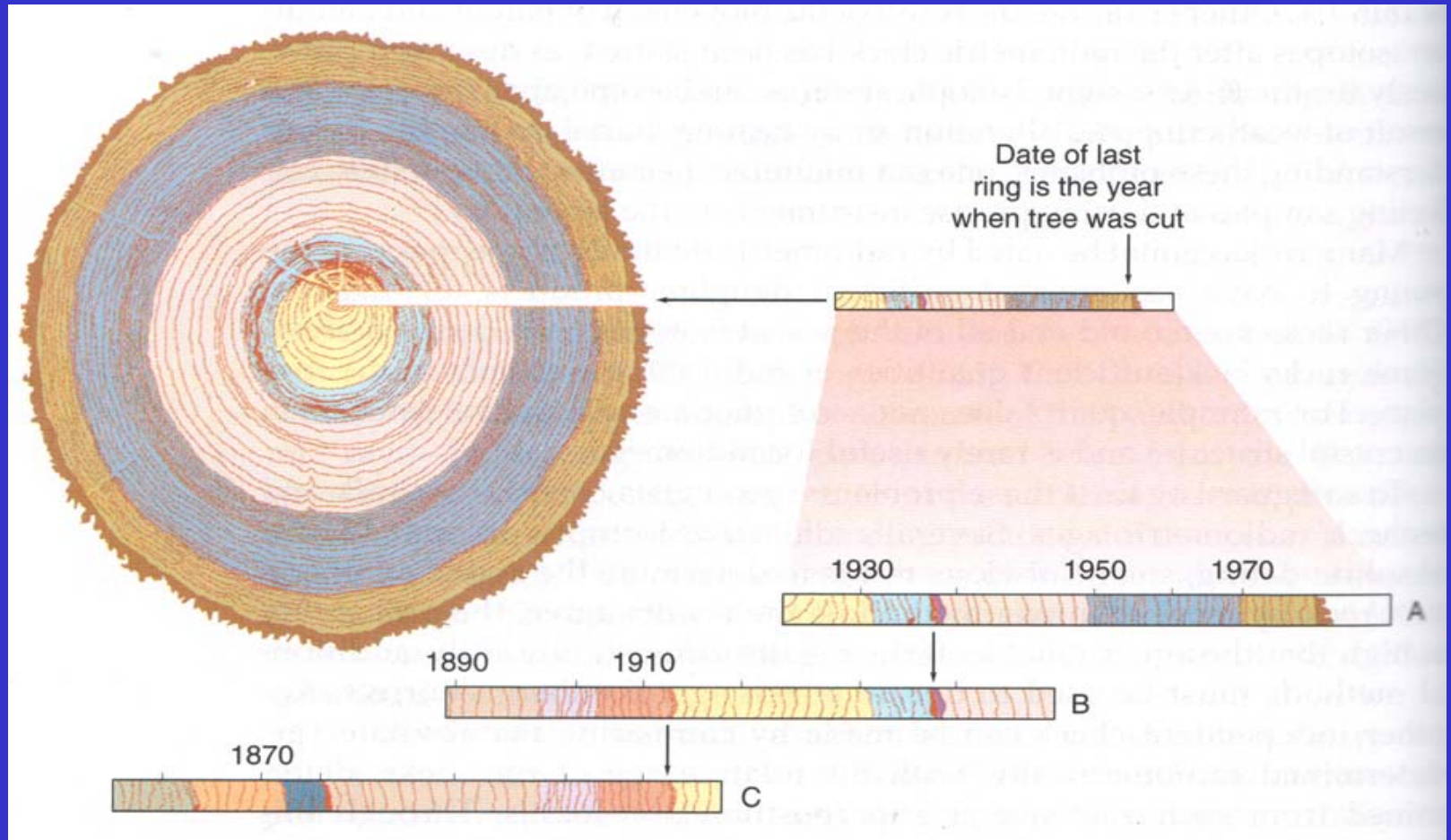
C 14 está comprometido con moléculas de gas carbónico (C O 3)

MIENTRAS EL ANIMAL O PLANTA ESTÁN VIVOS, LA PROPORCIÓN DE C 14 ES CONSTANTE (generación y desintegración). CUANDO LA PLANTA O ANIMAL MUERE, SE ROMPE EL EQUILIBRIO Y EL C 14 NO ES RENOVADO Y GRADUALMENTE DECAE a N 14 (+ o - por 30.000 años)

# Otros métodos de medición de tiempo absoluto

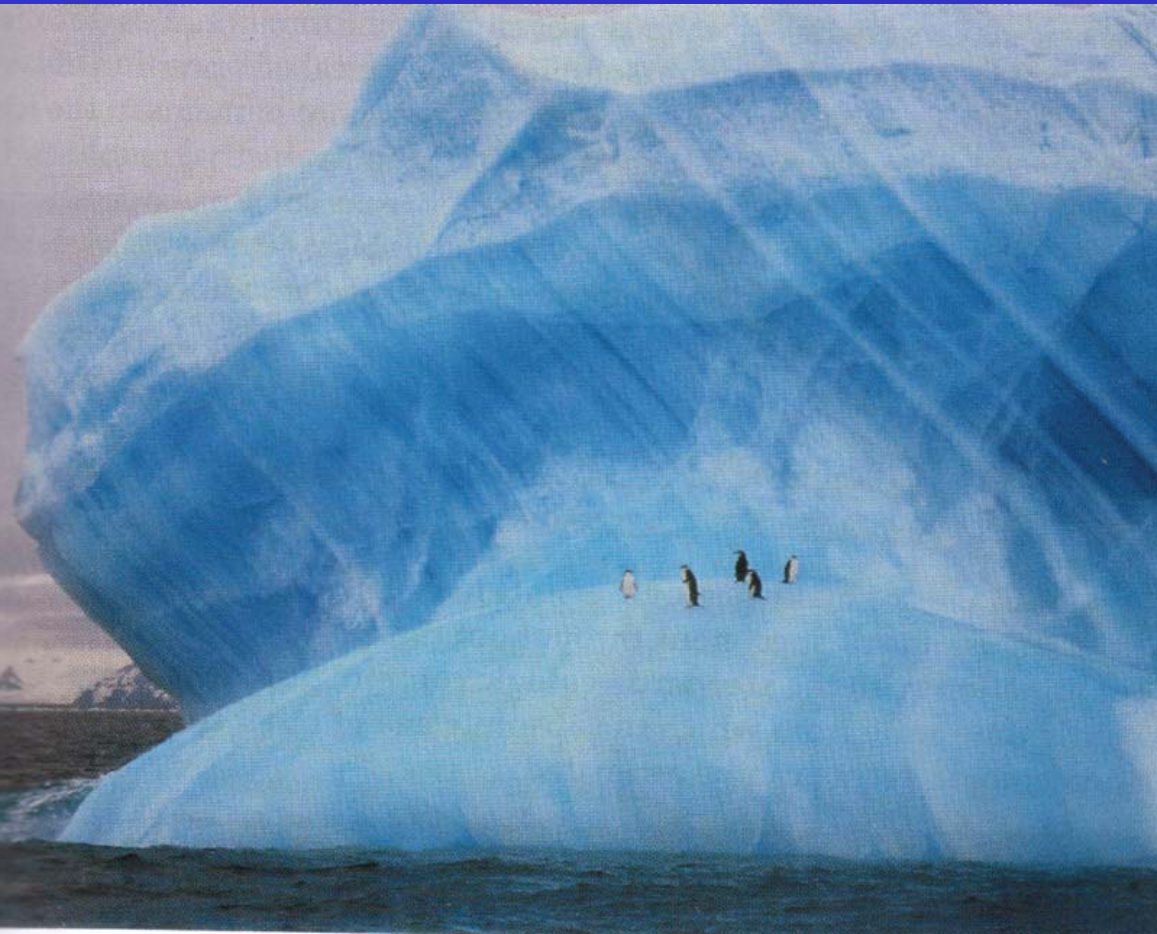
- Determinados procesos naturales dejan registros que pueden ser usados para calcular edades absolutas.
- Algunos de los mas importantes son los anillos de crecimiento del troncos de los árboles, los varves y las capas de hielo.
- Varios de estos métodos pueden ser usados para entender algunas decenas de miles de años de la última parte de la historia terrestre

El grosor y textura de los anillo de árboles son registros del medio ambiente en que crecieron (temperatura, humedad, precipitación, infecciones de insectos, e inclusive incendios, crean modelos distintivos en todos los árboles de una zona determinada). Consecuentemente, por comparación de los modelos de anillos de un árbol a otro árbol (incluído los que murieron) la cronología de una región forestal puede ser deducida con precisión.





Un tipo distintivo de sedimentación rítmica se observa en los cortes de los hielos glaciales acumulados en las altas montañas y regiones polares de la tierra. Se trata de capas delgadas de hielo laminado que registran cambios climáticos estacionales. Perforaciones en el centro del casco de hielo de Groenlandia y la Antártica muestran que estas capas pueden ser contadas para obtener un record continuo de casi 65.000 años.



Una confirmación independiente de la edad de las capas se puede obtener por dataciones radiométricas de cenizas volcánicas preservadas en capas delgadas intercaladas en las del hielo