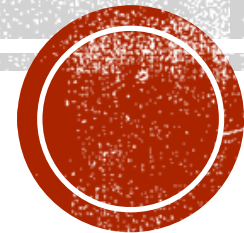


DATACIÓN

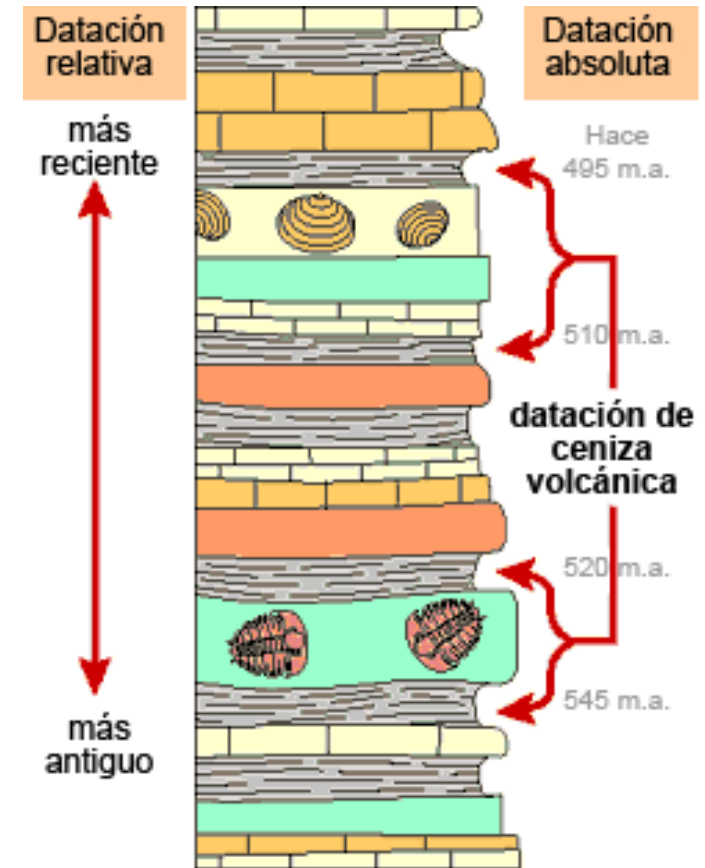
Curso “Química Analítica Inorgánica” 2023

Germán Azcune - german.azcune@gmail.com



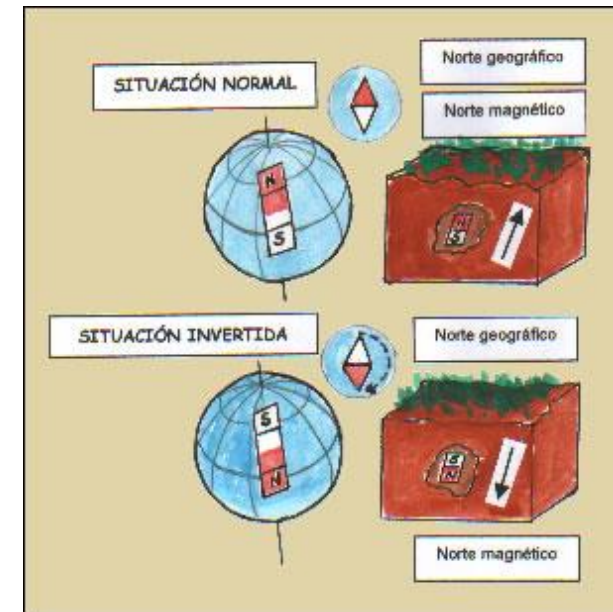
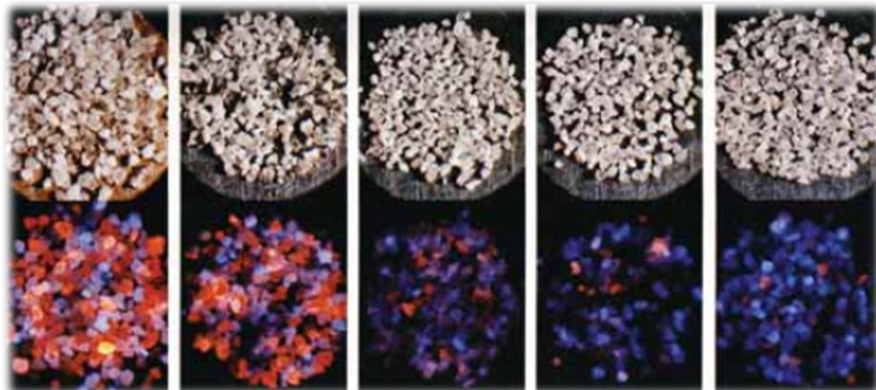
TIPOS DE DATACIÓN

- **Absoluta**
 - Permiten calcular antigüedad.
 - Rango desde unas pocas decenas de años hasta millones de años.
 - Tienen una incertidumbre asociada al método.
- **Relativa**
 - Se utiliza como referencia un suceso cuya fecha de aparición se conoce.
 - Se aplican diversos principios para correlacionar la fecha de nuestro suceso con el suceso de aparición conocida.
 - Principio del actualismo.
 - Principio del uniformismo.

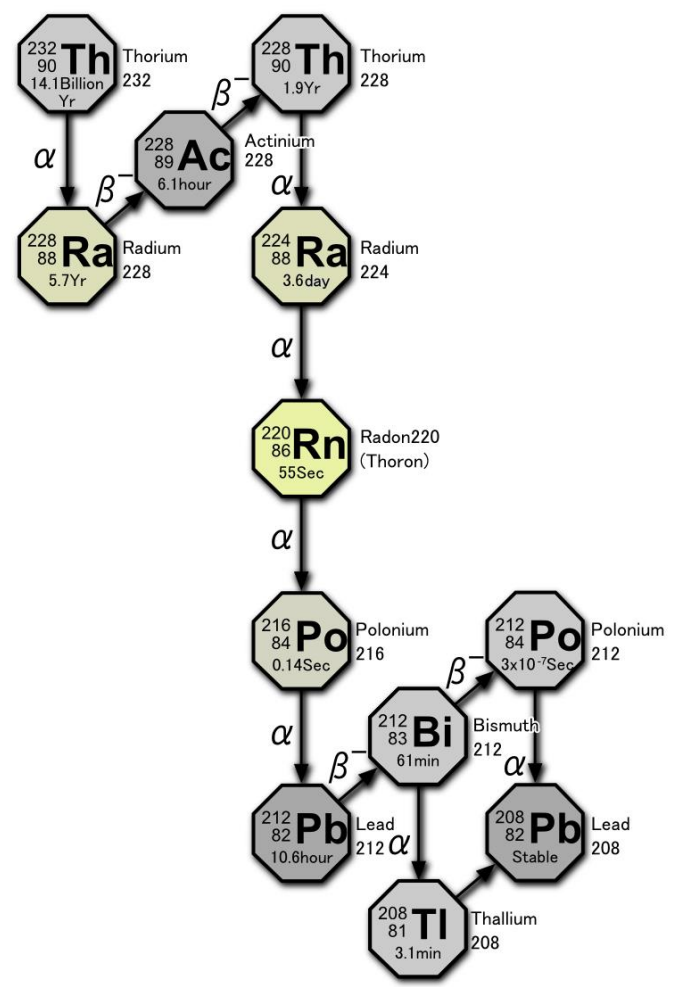
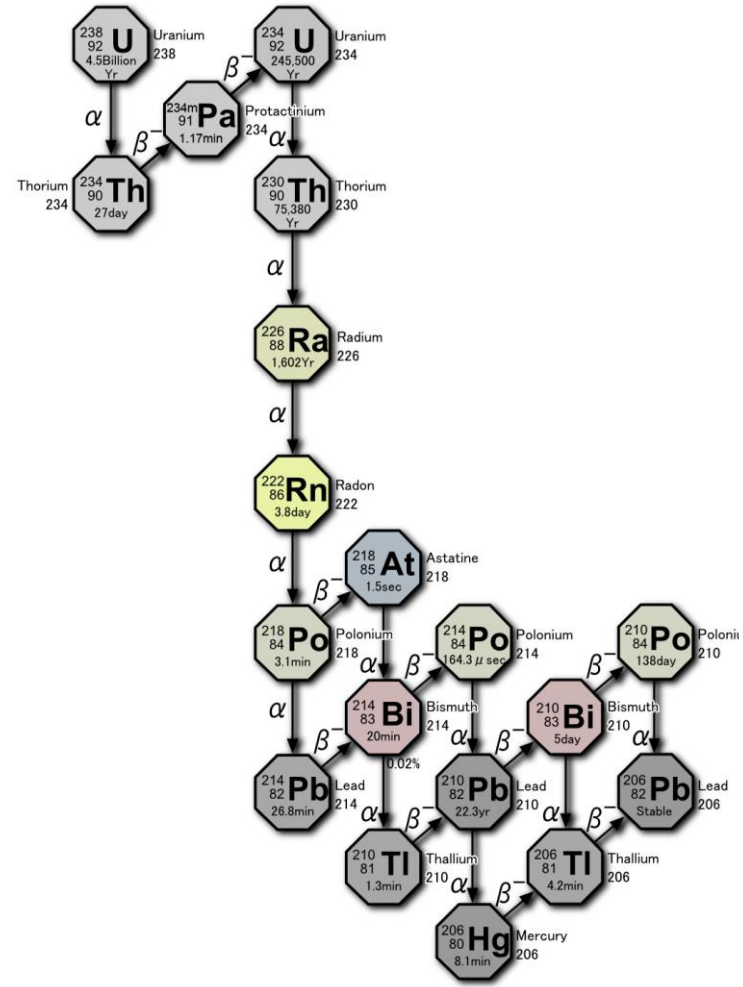
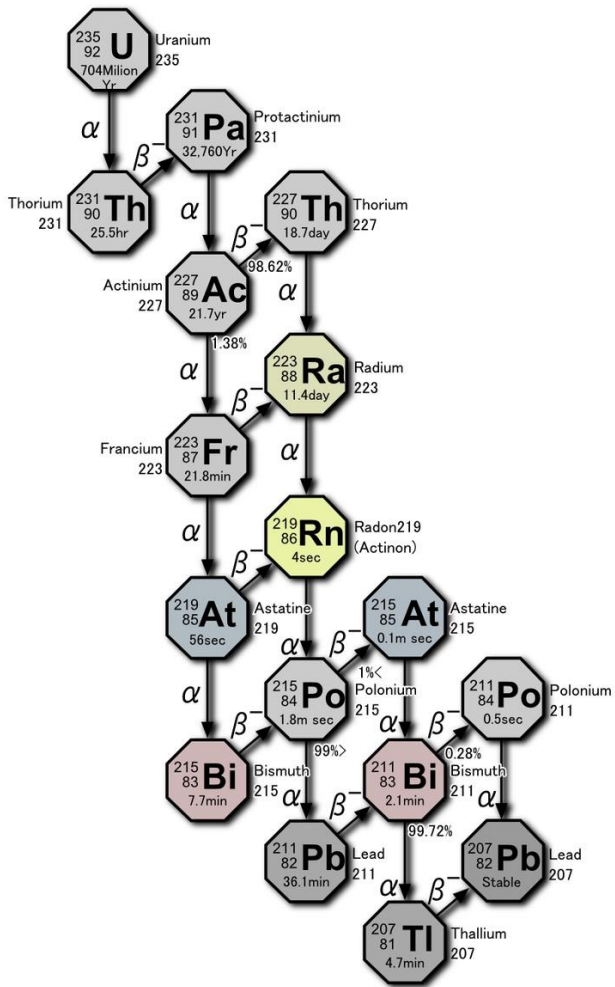


MÉTODOS DE DATACIÓN ABSOLUTA

- Métodos radiométricos.
- Paleomagnetismo
- Luminiscencia.
 - Termoluminiscencia.
 - Luminiscencia ópticamente estimulada.



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS - BASES



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



- 1898 - Marie Curie descubre el fenómeno de la radioactividad, en el cual los átomos inestables pierden energía, o se desintegran, emitiendo radiación en forma de partículas u ondas electromagnéticas.
- 1904 - Ernest Rutherford demuestra que este proceso de desintegración puede actuar como un reloj para fechar rocas antiguas.
- El principio básico que preside todos los métodos es que un elemento radiactivo “padre” pasa a ser un elemento “hijo” en una proporción constante.
- El período de desintegración λ es una fracción del número de átomos iniciales del elemento padre que se desintegran en unidad de tiempo.
- Si se hace un análisis de los elementos “padre” e “hijo” se puede medir el período de tiempo transcurrido.



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



- Una edad obtenida isotópicamente siempre fecha el cierre del sistema al ambiente
 - Edad de cristalización
 - Edad de muerte de un individuo
 - Edad de enfriamiento (temperatura de cierre o de bloqueo T_c)
- Para una misma roca
 - La edad Zircón por U-Pb ($T_c \sim 800^\circ\text{C}$) > Hornblenda por K-Ar ($T_c \sim 500^\circ\text{C}$) > biotita por Rb-Sr ($T_c \sim 300^\circ\text{C}$)
 - Esto puede utilizarse para calcular tasas y trayectorias de enfriamiento



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS

$X \rightarrow Y$

$$Y_{(hoy)} = Y_{(inicial)} + X_{(hoy)} (e^{\lambda t} - 1)$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{Y_{hoy} - Y_{inicial}}{X_{hoy}} + 1 \right]$$



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



- $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ - $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$
 - El plomo natural está compuesto por cuatro isótopos: ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb y ^{208}Pb
 - ^{204}Pb – origen no radiogénico
 - $^{206}\text{Pb} = ^{238}\text{U} (e^{\lambda^{238}t} - 1)$
 - $^{207}\text{Pb} = ^{235}\text{U} (e^{\lambda^{235}t} - 1)$
 - $^{208}\text{Pb} = ^{232}\text{Th} (e^{\lambda^{232}t} - 1)$
 - Métodos utilizados principalmente para datar zircón, aunque puede utilizarse también para la datación de monacita, uraninita y minerales que contengan plomo.
 - El zircón al cristalizar puede albergar átomos de U y Th, pero rechaza los átomos de Pb, por lo que se puede asumir que todo el Pb en el zircón es radiogénico.

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{Y_{\text{hoy}} - Y_{\text{inicial}}}{X_{\text{hoy}}} + 1 \right]$$



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



- $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ - $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$
 - Normalización por plomo no radiogénico (^{204}Pb)

- Edades mayores y/o más precisas
- Otros minerales distintos del zircón

$$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_0 + \frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} (e^{\lambda_{238}t} - 1)$$
$$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_0 + \frac{^{235}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} (e^{\lambda_{235}t} - 1)$$
$$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left(\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_0 + \frac{^{232}\text{Th}}{^{204}\text{Pb}} (e^{\lambda_{232}t} - 1)$$

- Como el ^{235}U y el ^{238}U tienen vidas medias distintas, si coincide la edad calculada por ambos métodos, la fecha propuesta es de suma confianza.
- Rango dinámico: $(10^7 - T_0)\text{a}$
- A partir de éstos se desarrolló el método ^{207}Pb - ^{206}Pb , el cual se considera como el más exacto para determinar la edad de la Tierra.



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



■ $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$

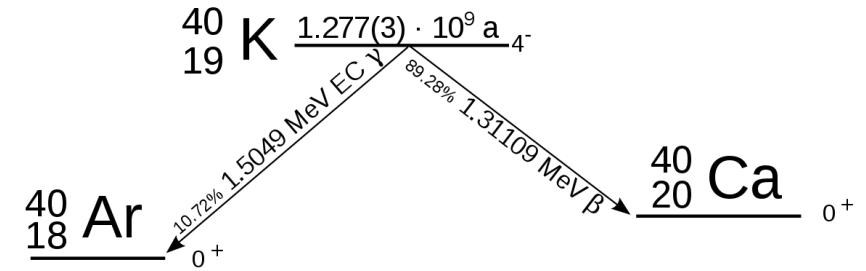
- Se basa en los métodos U-Pb, se obtiene dividiendo ambas ecuaciones, y utilizando la relación isotópica natural $^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$ (137.818)

$$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{206}\text{Pb}^*} = \frac{\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}\right) - \left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}\right)_0}{\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}\right) - \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}\right)_0} = \frac{1}{137.818} \frac{e^{\lambda_{235}t} - 1}{e^{\lambda_{238}t} - 1}$$

- El lado izquierdo de la ecuación tiene únicamente las relaciones isotópicas
- La ecuación no tiene solución directa, pero se resuelve por iteración
- No precisa medir uranio
- El método no es sensible a pérdidas de uranio ni de plomo por parte del mineral, ya que las proporciones isotópicas se mantendrán constantes



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



■ ${}^{40}\text{K}/{}^{40}\text{Ar}$

- Método utilizado principalmente para datar muscovita, biotita, hornblenda, feldespatos potásicos y rocas volcánicas.
- Los datos corresponden a los de la última vez que estaba fundida la roca, ya que el argón se escapa cuando la roca funde.

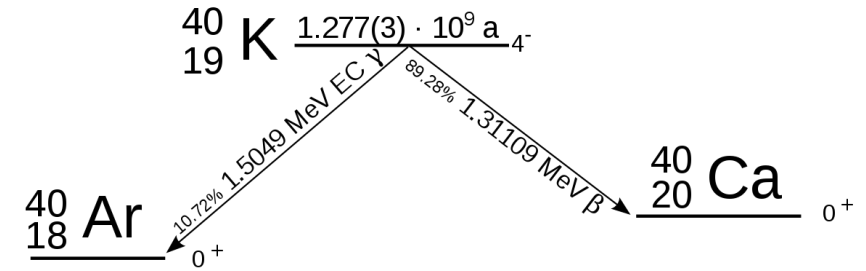
$${}^{40}\text{Ar} = {}^{40}\text{Ar}_0 + {}^{40}\text{Ar}^*$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[1 + \frac{\lambda}{\lambda_e} \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}^*}{{}^{40}\text{K}} \right) \right] \quad \longrightarrow \quad \frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{36}\text{Ar}} = \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{36}\text{Ar}} \right)_0 + \frac{\lambda_e}{\lambda} \frac{{}^{40}\text{K}}{{}^{36}\text{Ar}} (e^{\lambda t} - 1)$$

- Si consideramos que el argón inicial tenía las proporciones atmosféricas $\left(\frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{36}\text{Ar}} \right)_0 = 298.5$
- Materiales geológicos con edades entre 1 y 3.000 millones de años.



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



- ${}^{40}\text{Ar}/{}^{39}\text{Ar}$
 - El método K-Ar exige un análisis de dos etapas, ya que el potasio y el argón no pueden analizarse en simultáneo
 - Por activación neutrónica, se convierte ${}^{39}\text{K}$ en ${}^{39}\text{Ar}$, de $t_{1/2} = 269$ años

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[1 + \frac{\lambda}{\lambda_e} \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}^*}{{}^{40}\text{K}} \right) \right] \quad \longrightarrow \quad t_s = \frac{1}{\lambda} \ln \left[1 + J \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}^*}{{}^{39}\text{Ar}} \right)_s \right]$$

- J es una constante que combina $\frac{\lambda}{\lambda_e}$, la proporción ${}^{40}\text{K}/{}^{39}\text{K}$ y el rendimiento de la activación neutrónica.

$$\frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{36}\text{Ar}} = \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{36}\text{Ar}} \right)_o + \frac{{}^{39}\text{Ar} e^{\lambda t} - 1}{{}^{36}\text{Ar} J}$$



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



- $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$
 - Este proceso se utiliza a menudo junto con la datación del potasio-argón, sobre las mismas rocas (muscovita, biotita, hornblenda, feldespatos potásicos y rocas volcánicas)
 - El rubidio forma iones +1 igual que el potasio, y tiene un radio atómico similar, por lo que se presenta en los mismos minerales en su sustitución

$$\begin{aligned} {}^{87}\text{Sr} &= {}^{87}\text{Sr}^* + {}^{87}\text{Sr}_0 \\ {}^{87}\text{Sr}^* &= {}^{87}\text{Rb}(e^{\lambda_{87}t} - 1) \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad {}^{87}\text{Sr} = {}^{87}\text{Sr}_0 + {}^{87}\text{Rb}(e^{\lambda_{87}t} - 1)$$

$$\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}} = \left(\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}} \right)_0 + \frac{{}^{87}\text{Rb}}{{}^{86}\text{Sr}}(e^{\lambda_{87}t} - 1)$$

- Las edades más viejas obtenidas por el método Rb/Sr pueden ser tomadas como un indicador de la edad de la Tierra.



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



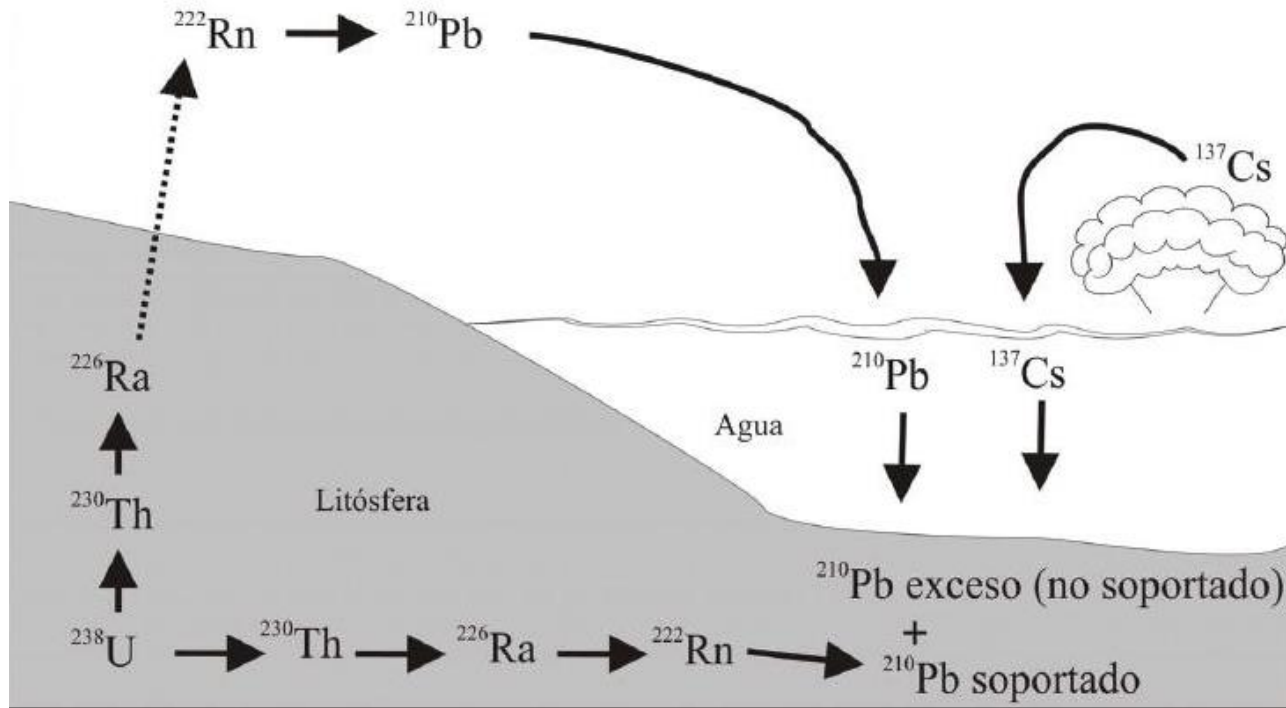
- $^{147}\text{Sm}/^{143}\text{Nd}$
 - Método utilizado principalmente para datar feldespatos, piroxenos, anfíboles y rocas volcánicas.
 - Este proceso se utiliza para datar rocas muy antiguas (más de 1000 millones de años).
 - Permite datar rocas muy metamorfizadas, las que pueden dar fechados erróneos por el método $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$.
 - El método no es afectado por procesos térmicos ni de meteorización de las rocas.

$$^{143}\text{Nd}^* = ^{147}\text{Sm}(e^{\lambda_{147}t} - 1)$$

$$\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} = \left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right)_o + \frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}} (e^{\lambda_{147}t} - 1)$$



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS

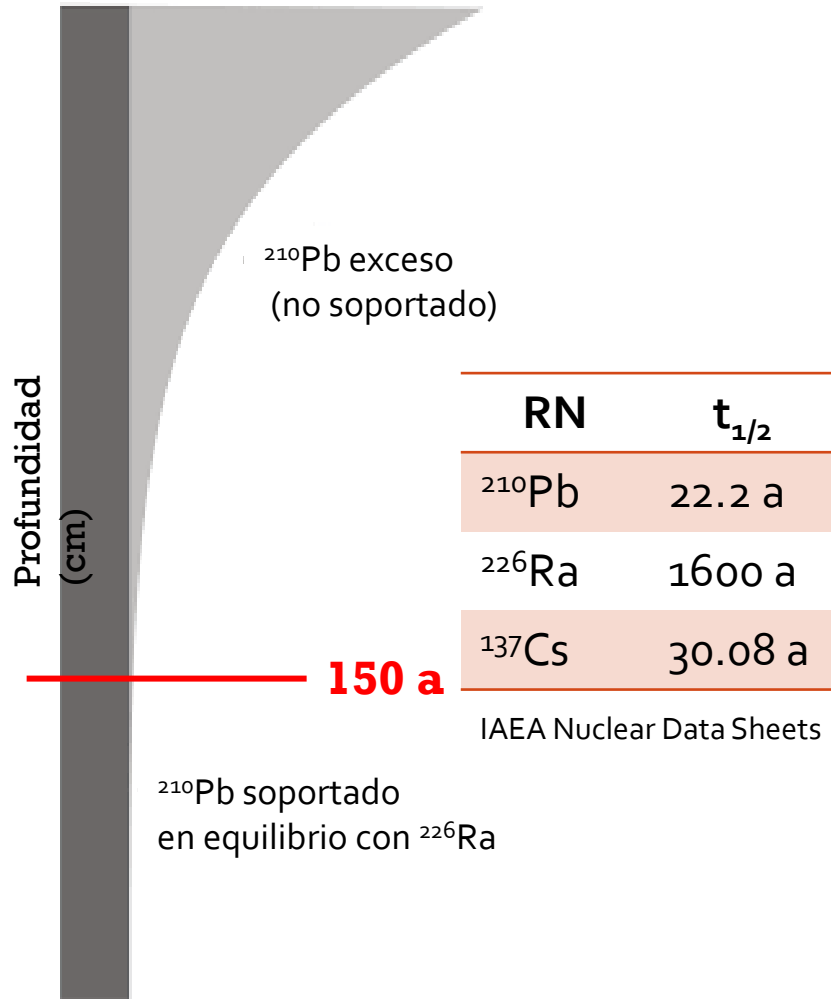
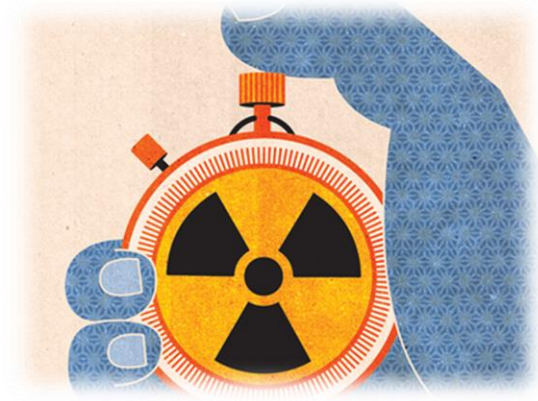


- $^{226}\text{Ra}/^{210}\text{Pb} - ^{137}\text{Cs}$
- Comúnmente utilizado para realizar cronología de sedimentos recientes, hasta un máximo de aproximadamente 150 años.
- El ^{210}Pb total en sedimento procede de dos fuentes, por decaimiento del Ra en el sedimento, y por depósito por precipitación, por decaimiento del ^{222}Rn gaseoso.



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS

Distribución ideal de actividad ^{210}Pb (Bq)



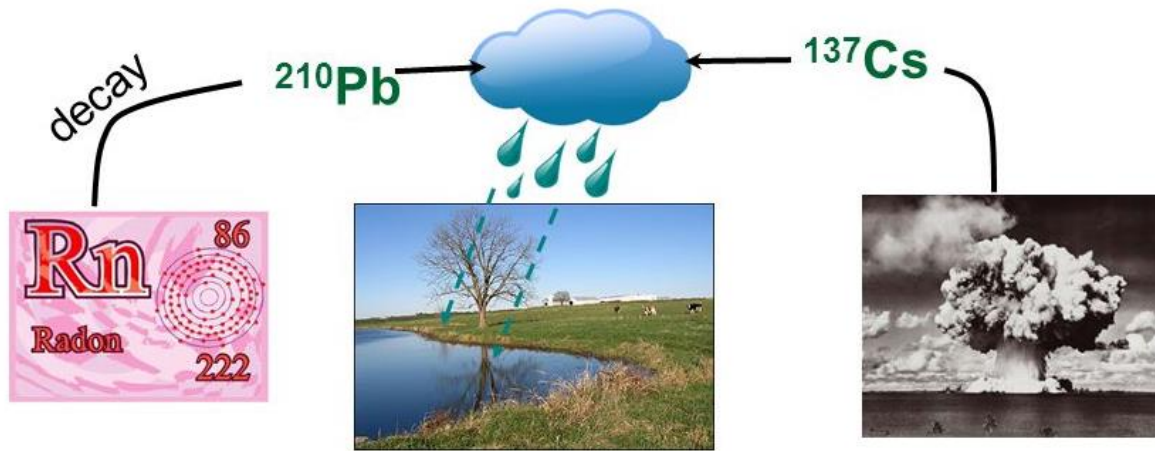
- $^{226}\text{Ra}/^{210}\text{Pb} - ^{137}\text{Cs}$

- La evaluación de la desintegración del ^{210}Pb en función de la profundidad permite determinar la fecha de sedimentación.
- El ^{137}Cs es un radionucleido de origen antropogénico, producido principalmente por fisión nuclear.
- El mismo permite confirmar el modelo obtenido mediante ^{210}Pb , ya que lo encontramos en sedimentos debido al fall out originado por bombas y accidentes nucleares.



EJEMPLO – LAGUNA DE LAS NUTRIAS

■ ^{210}Pb - ^{137}Cs



^{210}Pb : Natural, constant “fallout”
- Dating tool back 150 years
- Fingerprint of field erosion

^{137}Cs : Bomb testing product,
- Marker for 1963
- Fingerprint of field erosion



Implementación de la datación mediante ^{210}Pb - ^{137}Cs en Uruguay para el reconocimiento de la variabilidad climático-ambiental del Holoceno superior. Caso de estudio: Laguna de las Nutrias, Rocha, Uruguay

Dating through ^{210}Pb - ^{137}Cs implementation in Uruguay in the recognition of climatic-environmental variability of the upper Holocene. Case study: Laguna de las Nutrias, Rocha, Uruguay

Implementação da datação através de ^{210}Pb - ^{137}Cs no Uruguai para o reconhecimento da variabilidade climático-ambiental do alto Holoceno. Estudo de caso: Laguna de las Nutrias, Rocha, Uruguay

RECIBIDO: 30/3/2020 → APROBADO: 28/5/2020 ■ german.azcune@gmail.com

✉ AZCUNE, GERMÁN (1); PÉREZ PARADA, ANDRÉS (1); FORNARO, LAURA (1)

(1) GRUPO DE DESARROLLO DE MATERIALES Y ESTUDIOS AMBIENTALES, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DEL ESTE, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA, URUGUAY

RESUMEN

La geocronología constituye una herramienta fundamental para el estudio de eventos históricos. Su desarrollo en Uruguay se ha vinculado estrechamente con estudios arqueológicos. En los últimos 20 años, las técnicas de datación se han expandido hacia otras disciplinas, propiciando cambios y mejoras metodológicas. El método mayormente utilizado para estudiar la cronología de eventos climáticos y ambientales más recientes del Holoceno es el de ^{210}Pb - ^{137}Cs . El objetivo del presente trabajo es el desarrollo en Uruguay del método geocronológico de ^{210}Pb - ^{137}Cs y su aplicación a un caso de estudio. Para ello, se tomó un testigo vertical de sedimento en la Laguna de las Nutrias (Rocha), que fue submuestreado, y las secciones fueron medidas por espectrometría gamma, determinando los radionucleidos ^{210}Pb , ^{226}Ra y ^{137}Cs .

La concentración de ^{210}Pb fue modelada matemáticamente, encontrándose que el modelo de mejor ajuste es el de flujo constante. Este modelo fue corroborado positivamente contra el perfil histórico de actividad de ^{137}Cs procedente de eventos nucleares. Se determinó la tasa de sedimentación anual, siendo de 3.1 ± 1.5 mm/año⁻¹, desde 1870 a 1986 AD; y de 4.7 ± 0.8 mm/año⁻¹, de 1986 AD hasta el presente. Asimismo, se infirió un evento extremo posiblemente asociado a la variabilidad climática inherente a la pequeña edad del hielo.

PALABRAS CLAVE: geocronología, sedimentación, paleolimnología.



EJEMPLO – LAGUNA DE LAS NUTRIAS



Área espejo	33.8 Ha
Área cuenca	44.7 Ha
Profundidad máxima	1.5 m
Turbidez (DS)	0.5 m
P_{total}	99.8 mg/L
N_{total}	1 136 mg/L
Clasificación	Eutrófica - hipereutrófica

C. Kruk et al. 2009



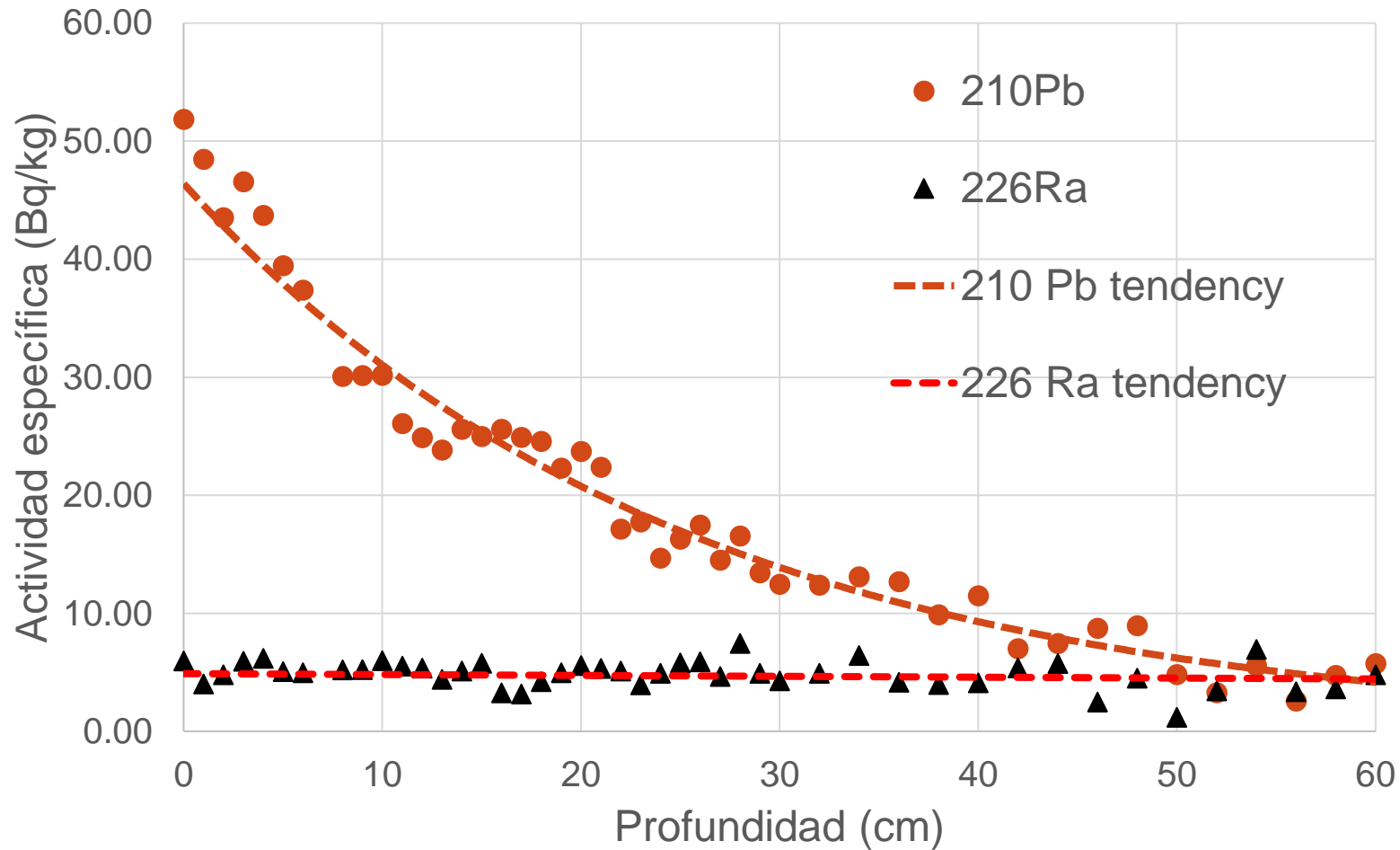
EJEMPLO – LAGUNA DE LAS NUTRIAS



- Testigo de 65cm de longitud.
- Abierto longitudinalmente y fraccionado cada 1cm hasta los 30cm y cada 2cm desde los 30cm hasta los 65cm.
- Muestras secadas a 60°C hasta masa constante, luego molidas hasta $<125\mu\text{m}$.
- Selladas en Petri 35x10mm al menos 4 semanas para alcanzar equilibrios seculares



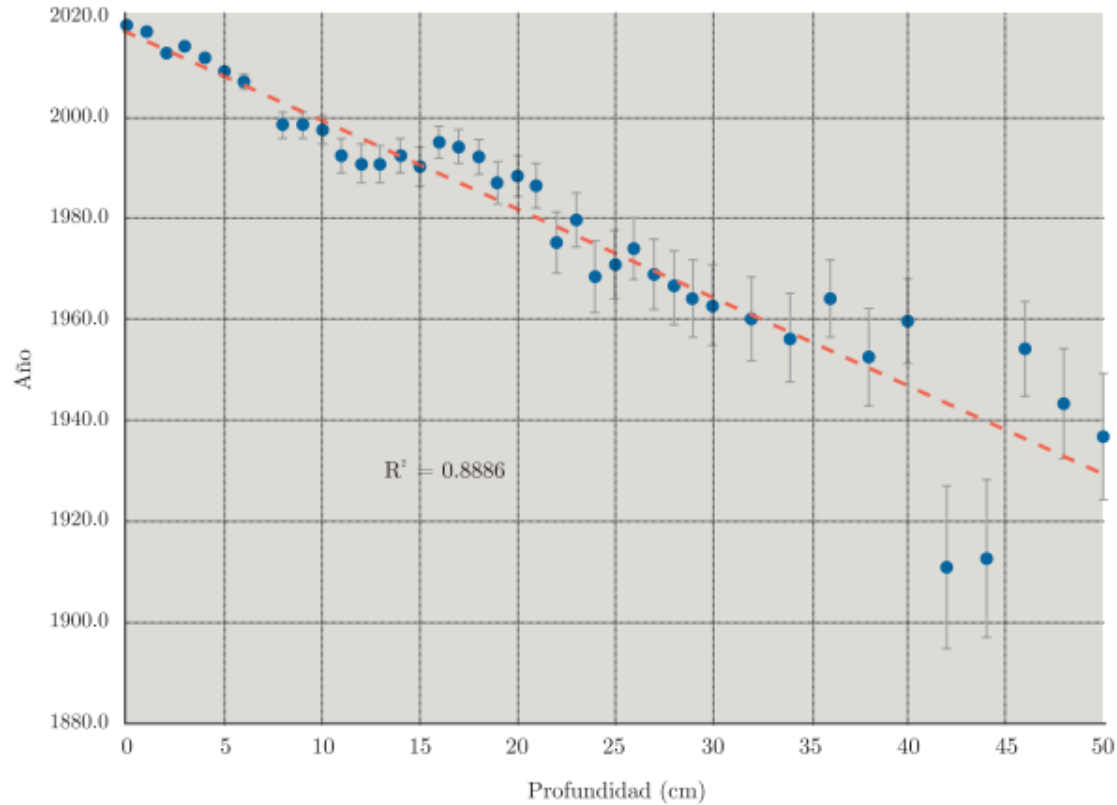
EJEMPLO – LAGUNA DE LAS NUTRIAS



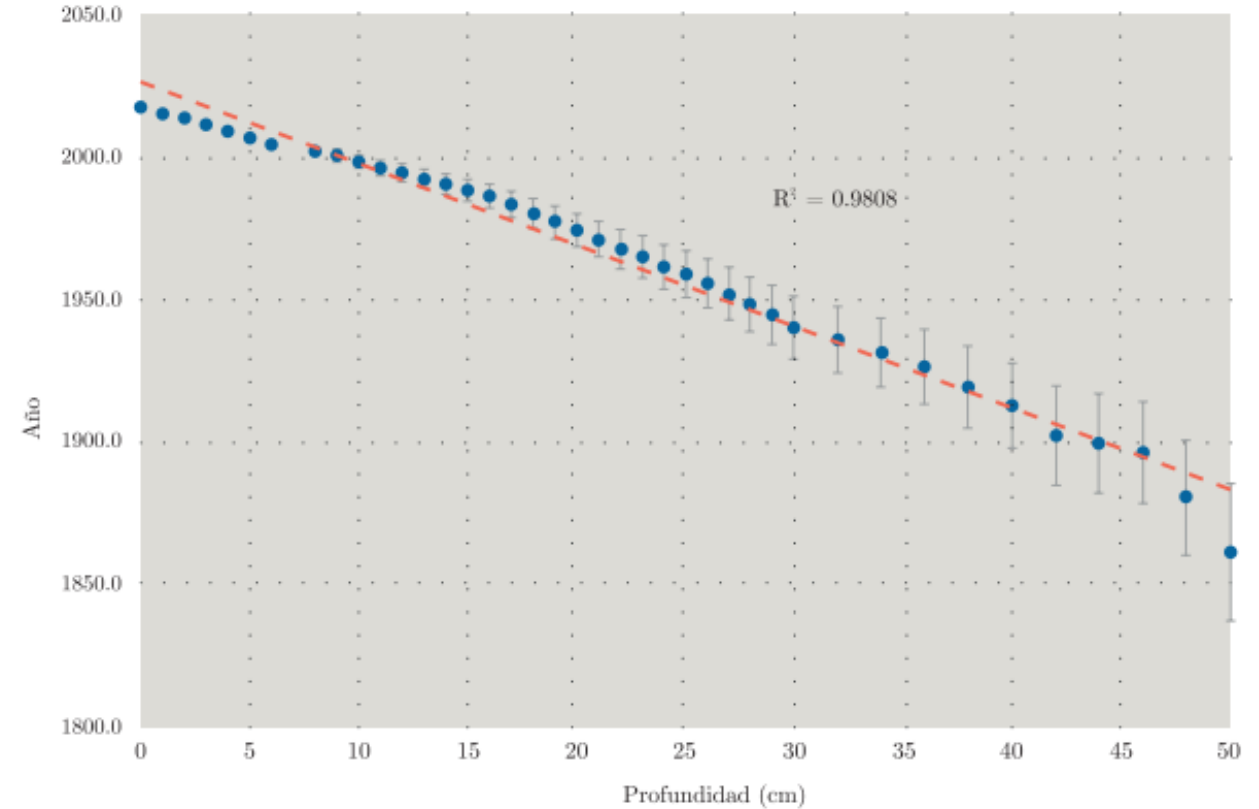
Medida: 150.000s

EJEMPLO – LAGUNA DE LAS NUTRIAS

CIC

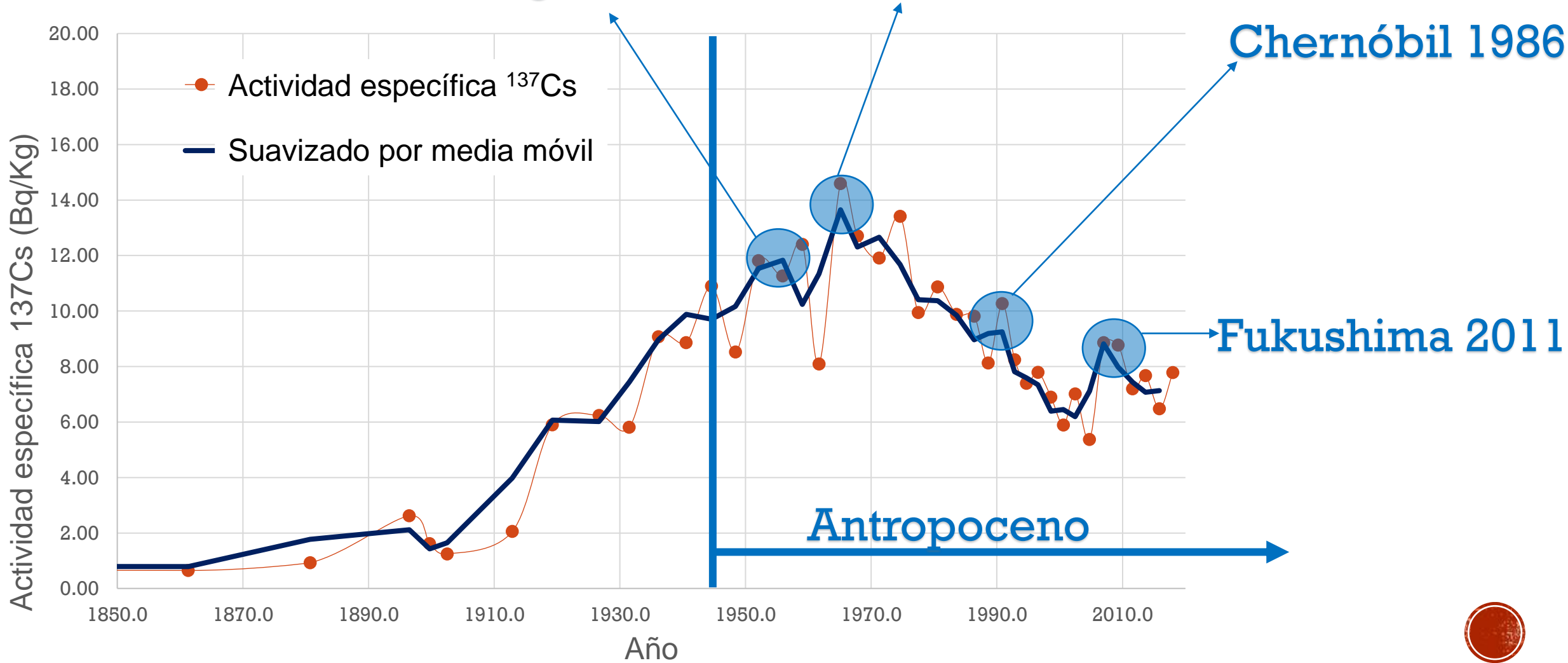


CRS



Distribución de ^{137}Cs – Principales eventos asociados

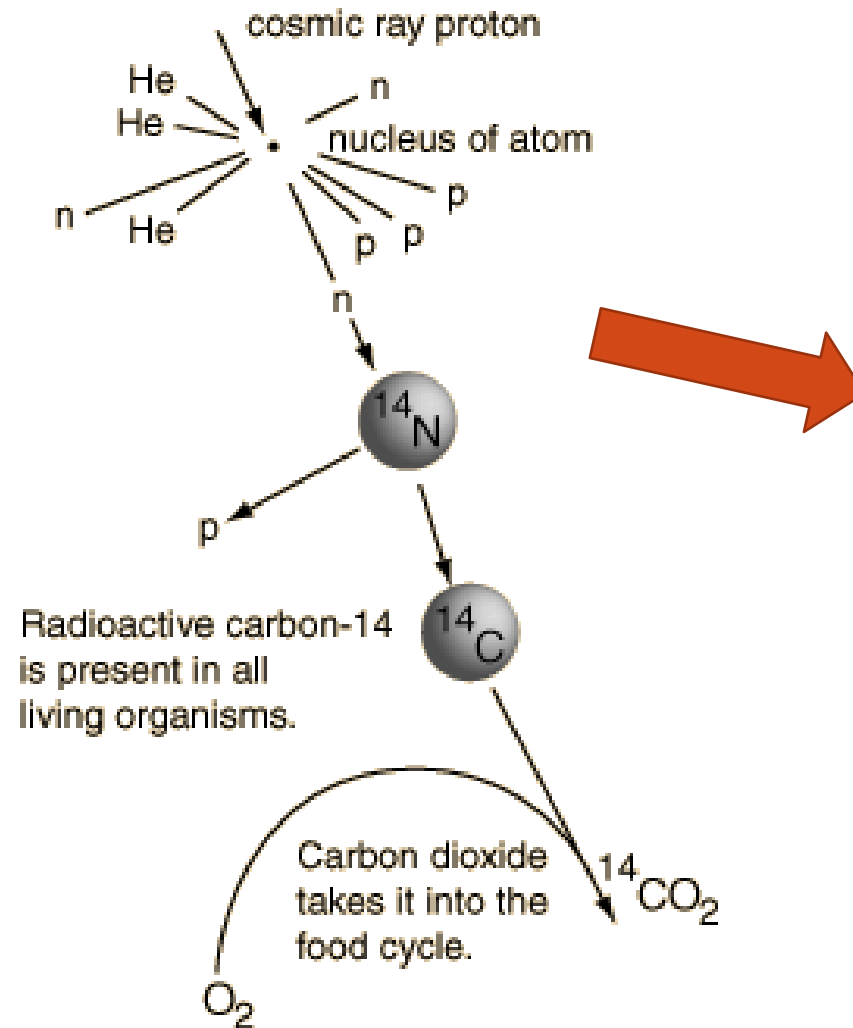
Trinidad – Hiroshima – Nagasaki 1945 Muroroa 1963



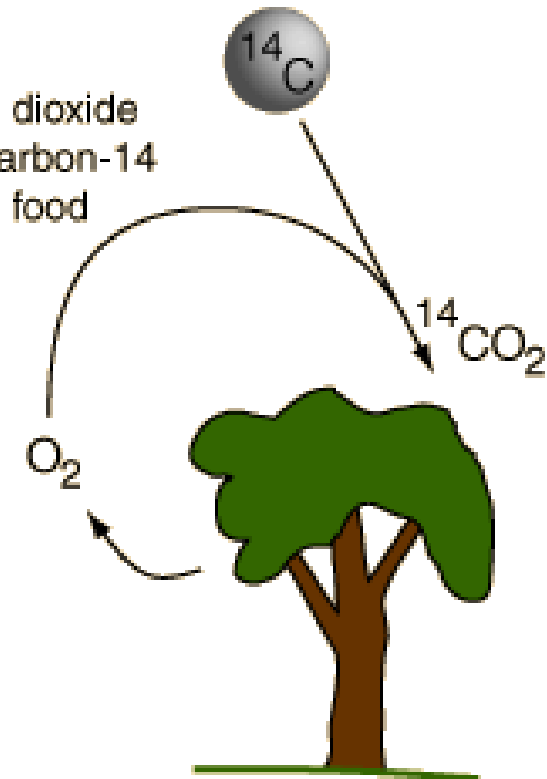
MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



■ $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$



Carbon dioxide takes carbon-14 into the food cycle.



MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



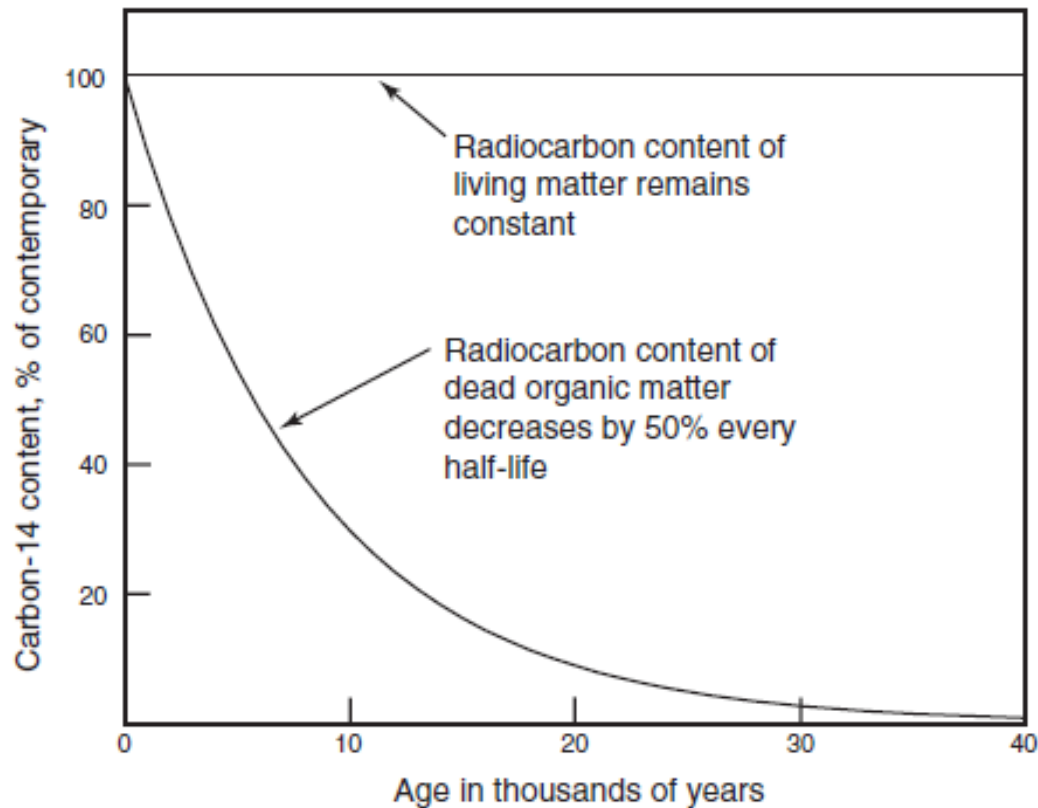
- $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$
 - El CO_2 radiactivo se distribuye uniformemente en la atmósfera, constituyendo el 10^{-10} % del CO_2 total.
 - Como las propiedades del ^{14}C son similares a las de los otros isótopos del C, participa de su ciclo e ingresa a sus reservorios.
 - Casi todos los organismos vivientes tienen la misma concentración de ^{14}C similar a la atmosférica.
 - Cuando el organismo muere se interrumpe la asimilación de ^{14}C .
 - A partir de allí el contenido de ^{14}C disminuirá exclusivamente por decaimiento radiactivo.
 - Midiendo la actividad que tiene la muestra hoy y comparándola con la inicial se puede medir el tiempo que transcurrió desde la muerte del organismo



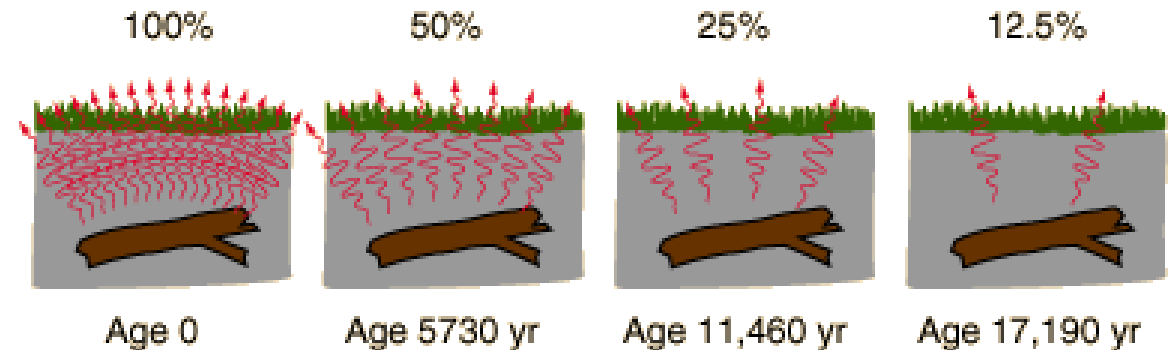
MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



■ $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$



Measurement of the beta decay activity of a buried piece of wood provides a measurement of the time elapsed since it was living and in equilibrium with the atmosphere.



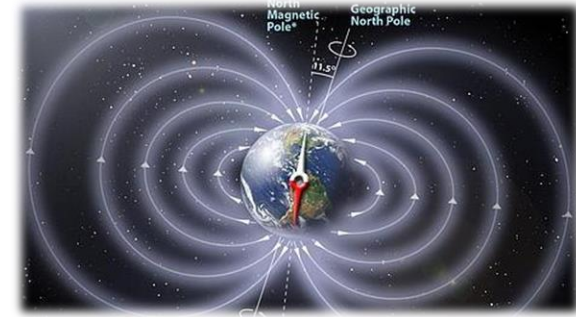
MÉTODOS RADIOMÉTRICOS



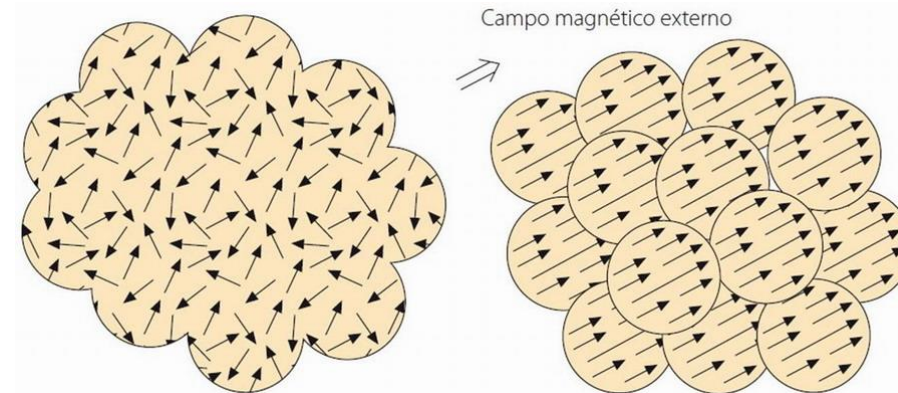
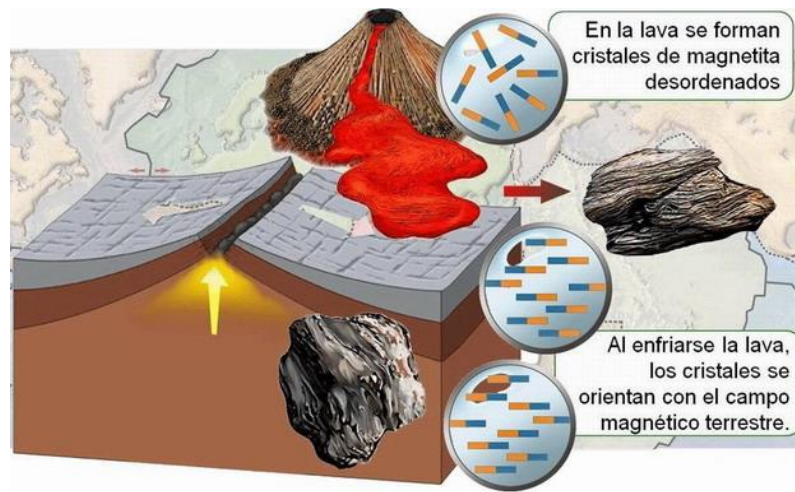
- $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$
 - El método fue desarrollado por Willard Libby en 1949, lo que lo llevó a ganar el Premio Nobel en 1960
 - El alcance práctico de la detección va desde 200 hasta a 45-60.000 años.
 - Las edades de radiocarbono se expresan en años BP (Before Present)
 - Escala desde la muerte del ejemplar hasta el año 1950
 - Basadas en un nominal el nivel de ^{14}C en la atmósfera igual al nivel de 1950.
 - Desde la década del 80 el conteo β (10-100g) se ha ido sustituyendo por espectrometría de masas con acelerador (AMS) (20-50mg), donde la concentración de ^{14}C es medida en relación con el isótopo estable ^{13}C .



DATACIÓN POR PALEOMAGNETISMO

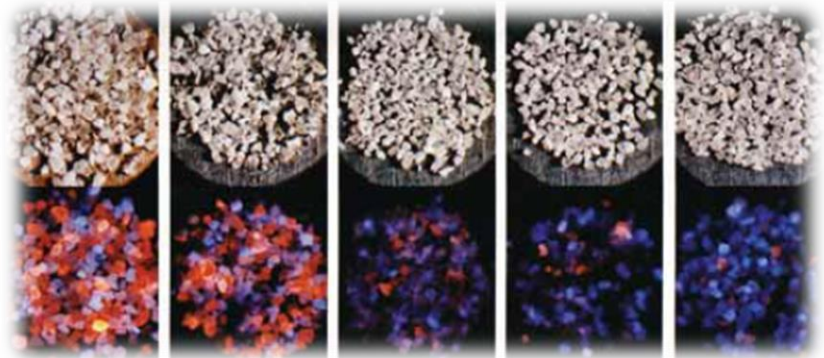


- La tierra se comporta como un dipolo magnético, debido a la diferencia de la velocidad de rotación entre el núcleo y el manto.
- El campo magnético de la tierra ha experimentado históricamente fluctuaciones considerables, habiéndose producido además inversiones de la polaridad.
- Los minerales ferromagnéticos contenidos en las rocas se alinean con el campo magnético terrestre durante la formación de las mismas.
- El magnetismo remanente en las rocas indica la dirección e intensidad de los polos magnéticos de la tierra al momento de la formación de esa roca.



DATACIÓN POR LUMINISCENCIA

- Propiedad de minerales como el cuarzo y el feldespato que permite la datación del último calentamiento o la última exposición a la luz solar.



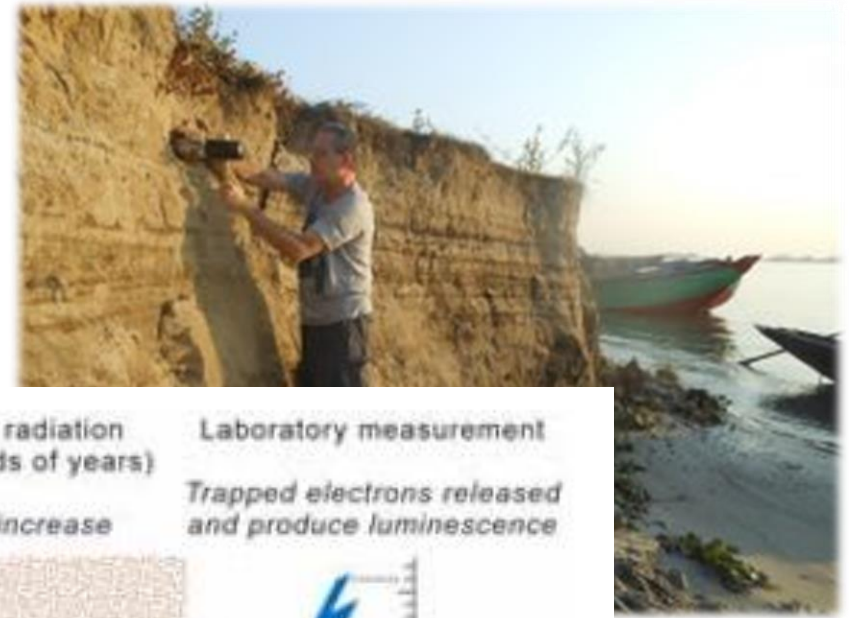
- 1953 – Daniel Farrington y sus colaboradores en la Universidad de Wisconsin propusieron por primera vez el método para determinar edades geológicas y arqueológicas.
- 1958/60 – Norbert Grögler y sus colaboradores en la Universidad de Berna pusieron por primera vez el método en práctica para la datación de cerámicas y ladrillos.





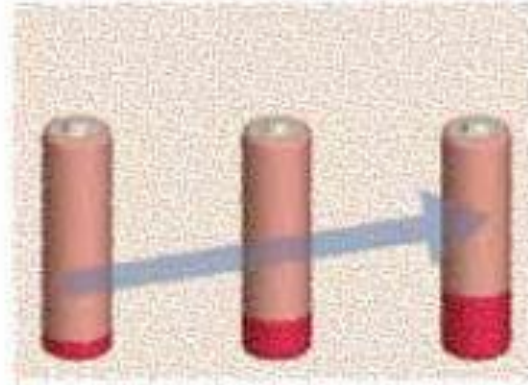
Bleaching
(seconds or minutes)

Trapped electrons released



Exposure to natural radiation
(hundreds or thousands of years)

Trapped electrons increase

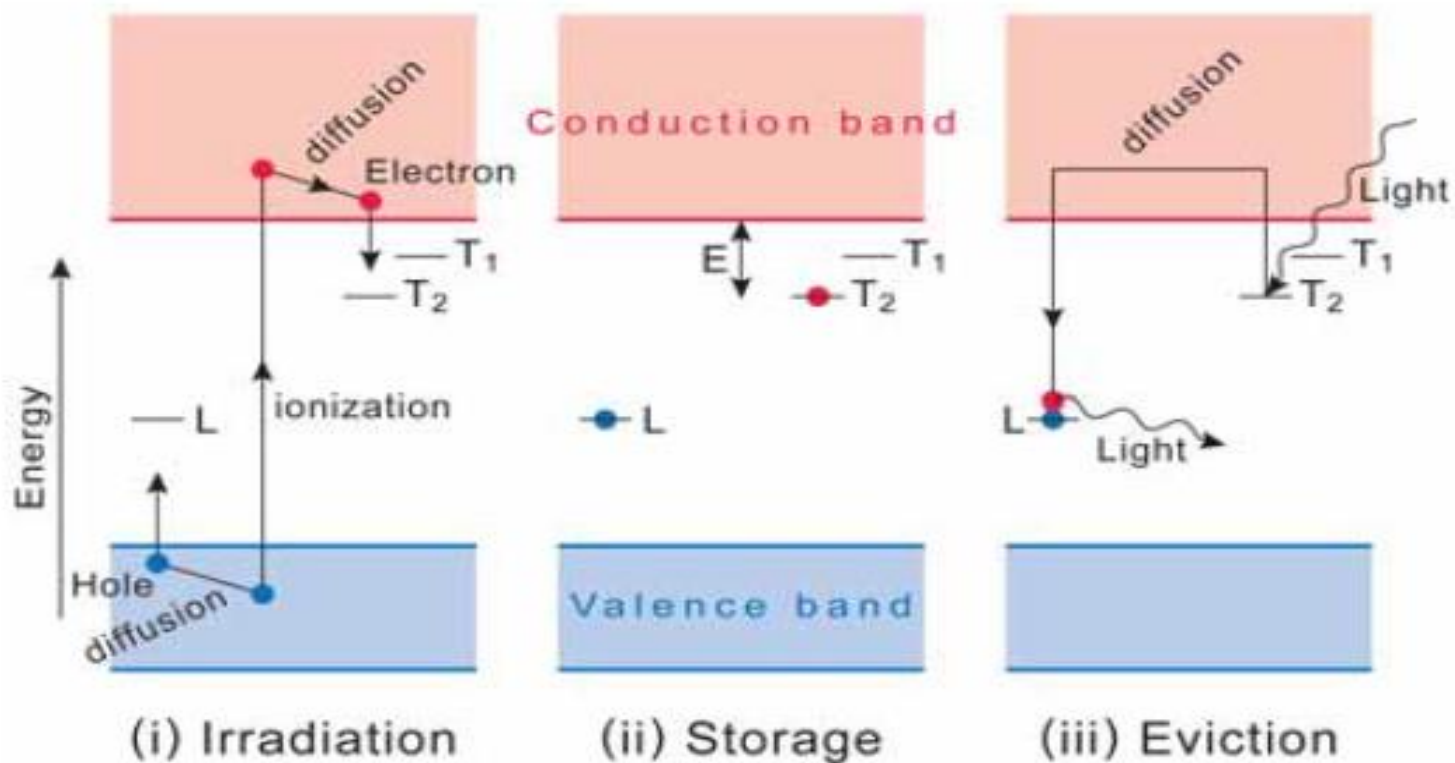


Laboratory measurement

Trapped electrons released and produce luminescence



Los minerales (cuarzos y feldespatos) fueron irradiados por radionucleidos presentes en la naturaleza durante un período de enterramiento.

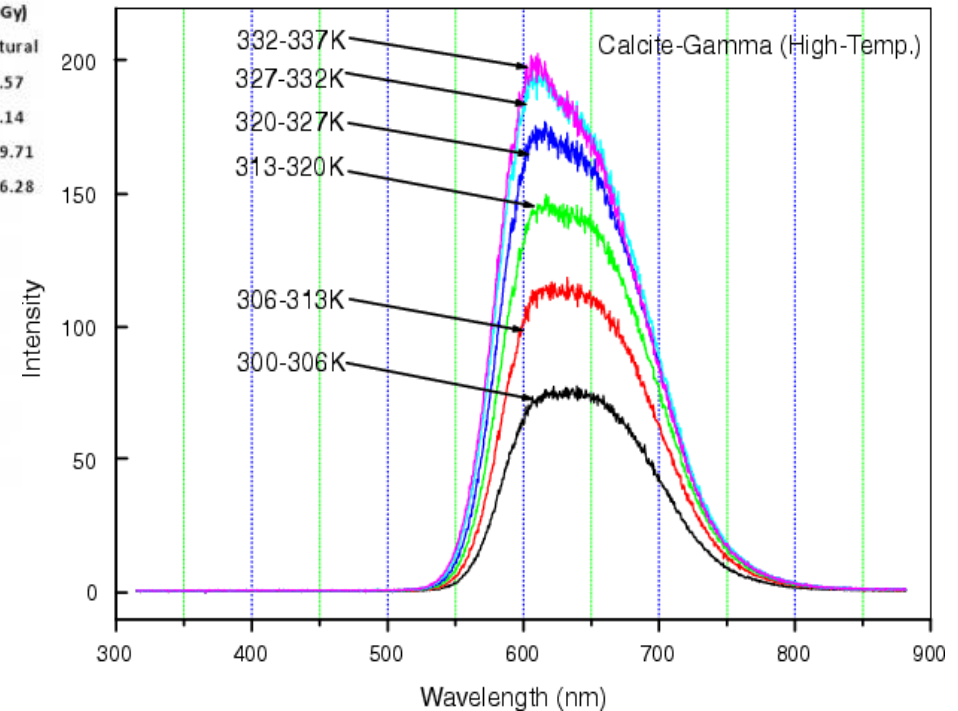
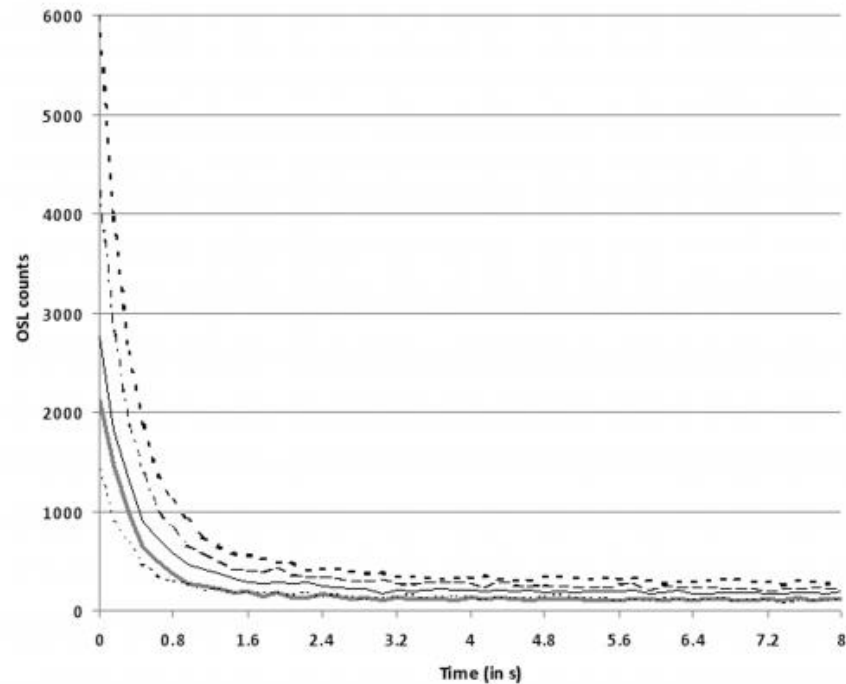


Iluminando (OSL) o calentando (TLD) el cristal, si se supera un umbral de energía puede liberarse el electrón y volver a su estado fundamental emitiendo luz

Luminiscencia



A mayor cantidad de radiación recibe el mineral, mayor el número de electrones atrapados, y más luz se emite cuando el material se calienta.



TERMOLUMINISCENCIA (TL)

Necesitamos una “puesta a cero” de los electrones – o sea un calentamiento de los mismos para que todos bajen a su nivel fundamental.



Estaríamos midiendo el tiempo desde la última vez que el objeto fue calentado.

Se utiliza para datar cerámicas – cuando se fabrican se hace por calentamiento.

Cuando quedan enterradas son irradiadas por los RN naturales provocando la acumulación de electrones excitados.

La intensidad de la emisión de termoluminiscencia es función del tiempo de irradiación (enterramiento)



LUMINISCENCIA ÓPTICAMENTE ESTIMULADA (OSL)

Necesitamos una “puesta a cero” de los electrones – o sea la exposición a la luz solar de los mismos para que todos bajen a su nivel fundamental.



Estaríamos midiendo el tiempo de enterramiento

Se utiliza para datar sedimentos que contengan cuarzos o feldespatos.

Cuando quedan enterradas son irradiadas por los RN naturales provocando la acumulación de electrones excitados.

La intensidad de la emisión de luz es función del tiempo de irradiación (enterramiento)



- **Debemos controlar la variación de la emisión de luz en función de la dosis recibida con una fuente calibrada (Dosis)**
- **La radiación ambiental en la zona de enterramiento (medición de dosis por unidad de tiempo – Tasa de dosis)**

$$\text{Edad} = \text{Dosis} / \text{Tasa de dosis}$$

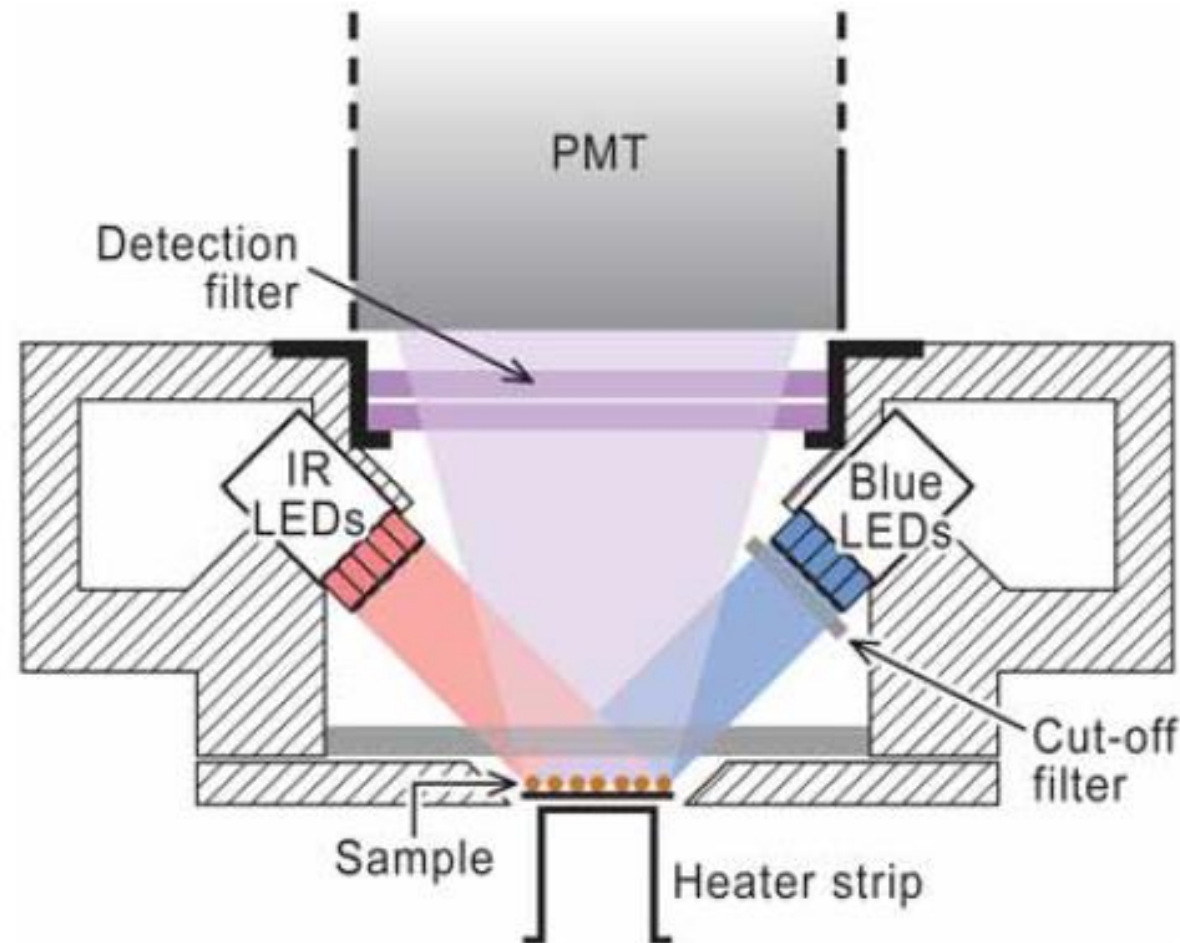
Rango dinámico

- **Termoluminiscencia: 1000 - 200.000 años**
- **Luminiscencia ópticamente estimulada: 10 - 500.000 años**

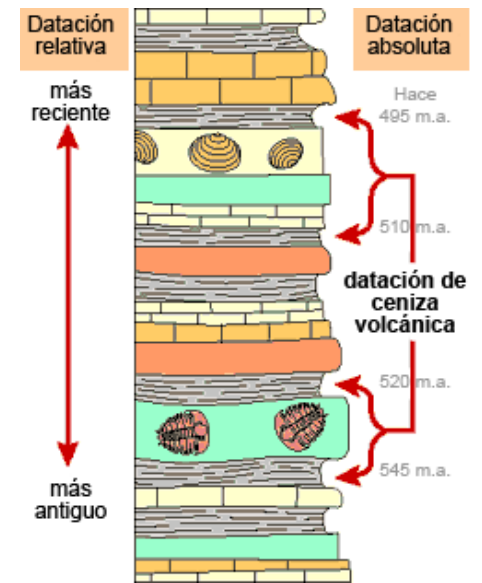
Recordar que en termoluminiscencia datamos el último calentamiento, mientras que en luminiscencia ópticamente estimulada datamos el momento de enterramiento o última exposición al sol.



MÉTODO DE MEDIDA - EQUIPAMIENTO



DATACIÓN RELATIVA



- Principios del uniformismo y del actualismo.
 - Emitidos por James Hutton y desarrollados por Charles Lyell
 - Uniformismo: los procesos que han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes (procesos geológicos muy lentos y por períodos dilatados de tiempo).
 - Actualismo: los procesos que han ocurrido a lo largo de la historia son semejantes a los actuales (tomando actualidad como un intervalo largo de tiempo, por ejemplo el Cuaternario).
 - Su aplicación es correcta con ciertas correcciones.
 - Procesos no completamente uniformes, cambian ritmo e intensidad.
 - Los organismos vivos constituyen un factor no repetible, cambia de forma lineal según teoría de la evolución.



MÉTODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- **Estratigrafía**
 - Estudio de la colocación o deposición de estratos o niveles de depósito superpuestos.
 - El principio es que el nivel inferior se depositó primero, y, por tanto, antes que el superior.
 - Proporciona una secuencia cronológica relativa (los más antiguos debajo y los más modernos arriba).
- **Datación de huesos**
 - Método para investigar si un conjunto de huesos del mismo nivel estratigráfico están asociados (tienen la misma edad relativa).
 - Estudia contenido de Nitrógeno, Flúor y Uranio.
 - El nitrógeno disminuye con el tiempo, ya que el hueso pierde proteínas (especialmente colágeno).
 - El Flúor y el Uranio aumentan con el tiempo, ya que se incorporan al fósil con el paso del tiempo desde el agua subterránea y/o el suelo.



MÉTODOS DE DATACIÓN RELATIVA

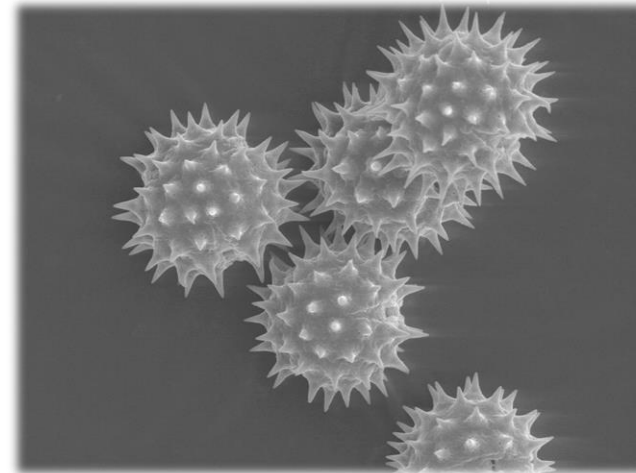
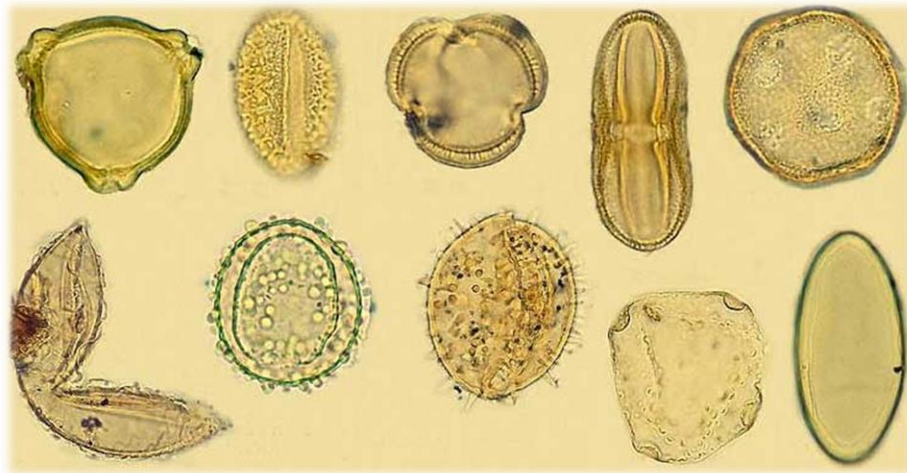
- **Secuencias tipológicas**
 - Se definen artefactos arqueológicos según material, forma y decoración.
 - Varios artefactos con los mismos atributos constituyen un Tipo, la Tipología agrupa dichos artefactos en los distintos Tipos.
 - La decoración superficial cambia más rápidamente que la forma, por lo que es el atributo cronológicamente más sensible para una secuencia tipológica.
- **Seriación**
 - Seriación contextual: La seriación se determina según la duración de los distintos estilos de los artefactos (forma y decoración).
 - Seriación de frecuencia: Se basa en la frecuencia/abundancia proporcional de un estilo cerámico.
 - Existe una categoría basada en los cambios climáticos de la tierra, que ha demostrado su utilidad en la datación relativa a escala local, regional e incluso global.



MÉTODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- **Datación Polínica**

- El polen se conserva fácilmente durante largos períodos de tiempo y se suele encontrar en turberas y humedales.
- Estableciendo zonas polínicas y su evolución, se pueden generar diagramas polínicos.
- Podemos comparar la composición polínica de un yacimiento o artefacto con los diagramas, y así conocer su cronología relativa.



- **Datación Faunística, Dendrocronología, etc.**



