

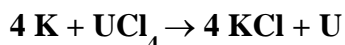
Uranio: un reloj radiactivo

¿Qué tan vieja es la Tierra, el sistema solar o un trozo de carbón vegetal obtenido de la zona de un antiguo incendio forestal?

Hasta el comienzo del siglo XX los geólogos no tenían un método con el cual determinar la edad de un material. Se creyó que la edad de la Tierra sería a lo sumo de decenas de millones de años. Poco después del descubrimiento de la radiactividad en 1896 los científicos se dieron cuenta de que el decaimiento radiactivo constituía un “reloj” capaz de medir el tiempo de los procesos geológicos. En 1907, el descubrimiento de que el plomo es el producto final del decaimiento del uranio proveyó la evidencia de que el tiempo geológico puede ser medido en miles de millones de años.

El uranio está presente en numerosos minerales como la pechblenda ($\text{UO}_3 \cdot \text{UO}_2 \cdot \text{PbO}$) y la carnotita ($\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{U}_2\text{O}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), y es más abundante en la corteza terrestre que el mercurio o la plata.

Fue aislado por primera vez en 1841 por la reducción del cloruro de uranio (IV) con potasio.

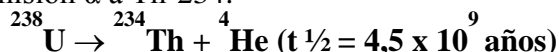


Es lo suficientemente radiactivo como para velar una placa fotográfica en una hora.

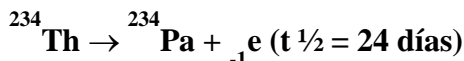
El uranio natural está formado por 14 isótopos y todos son radiactivos. Los tres más abundantes son ^{238}U (99,28 %), ^{235}U (0,71 %) y ^{234}U (0,006 %).

Contrariamente a lo que ocurre en las reacciones químicas, en las que los diferentes isótopos se comportan de la misma forma, en las reacciones nucleares, su comportamiento es diferente. Por ejemplo, de los tres isótopos más abundantes, solo el uranio-235 sufre fisión nuclear.

El U-238 decae por emisión α a Th-234:



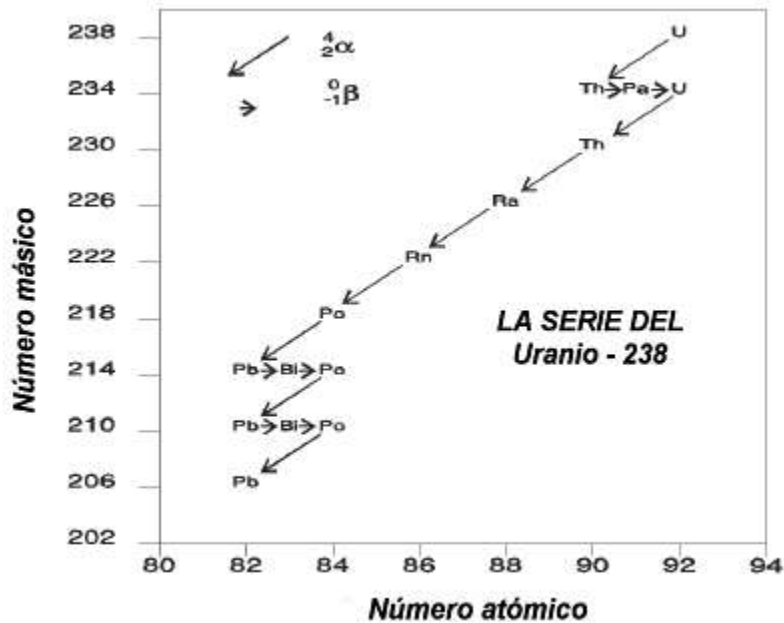
El producto de la reacción anterior, el Th-234 es también radiactivo y sufre decaimiento β :



El protactinio-234 también decae emitiendo una partícula β . Estas dos reacciones son el comienzo de una serie de 14 pasos de decaimiento nuclear conocido como la serie del uranio. Luego de emitir 8 partículas α y 6 partículas β , se produce el isótopo estable Pb-206. Los isótopos intermedios son llamados “hijos” y tienen períodos de semi-desintegración que van de $1,6 \times 10^{-4}$ segundos, para el Po-214 a $2,5 \times 10^5$ años para el U-234. Otras dos series tienen lugar en la naturaleza, una comienza con el U-235 y la otra con el Th-232.

La serie de decaimiento del uranio ha sido utilizada para estimar la edad de las rocas en la corteza terrestre. La razón $^{238}\text{U} / ^{206}\text{Pb}$ en una roca cambia lentamente a

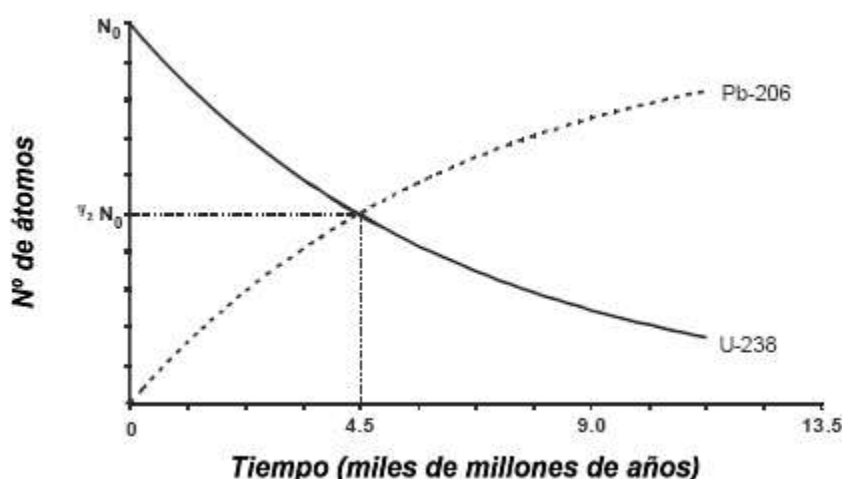
medida que el ^{238}U decae. Debido a que el $t_{1/2}$ del ^{238}U es 20.000 veces mayor que la del siguiente isótopo más “longevo” de la serie, el decaimiento del ^{238}U es el paso determinante en la rapidez del proceso de conversión en ^{206}Pb .



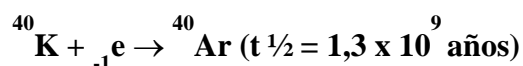
El proceso de decaimiento es de primer orden con relación a la cantidad del isótopo que se desintegra.

$$\ln \frac{N_0}{N} = k t$$

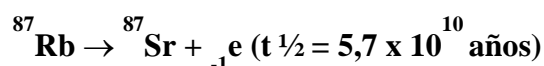
En esta ecuación, N_0 es el n° de átomos de U-238 presentes inicialmente en la muestra, N es el n° de átomos de U-238 presentes en la muestra después de un tiempo t y k es la constante de decaimiento radiactivo que es igual a $\ln 2 / t_{1/2}$. Si la muestra inicialmente no contenía Pb-206, N_0 es igual a la suma de átomos de U-238 y Pb-206.



Otros relojes radiactivos se basan en otros radionucleidos. Por ejemplo, el potasio-40 decae por captura electrónica a argón-40.



El otro es el rubidio-87 quien emite una partícula β para formar estroncio-87.



Estos “relojes radiactivos son más útiles para datar muestras de rocas que el uranio debido a que tanto el potasio como el rubidio están más ampliamente distribuidos en los minerales.

Todos los métodos de datación poseen incertidumbres asociadas. Se deben asumir algunas cosas cuando se determina la edad de una muestra. La más significativa es la de que la muestra es un sistema cerrado. Esto significa que no se están incorporando isótopos padres o hijos a la misma. Otra presunción tiene que ver con la cantidad del isótopo hijo en el momento en que se formó la muestra; para el caso de isótopos escasos puede considerarse que es cero. La evidencia más fuerte a favor de la edad propuesta para una muestra es obtenida cuando dos métodos de datación diferentes conducen al mismo resultado. Debido a que las propiedades químicas de los nucleidos hijos son muy diferentes de las de los padres, la transformación geológica de una roca podría modificar el contenido del isótopo hijo. Algunos elementos como el potasio y el rubidio suelen aparecer juntos en muestras de rocas haciendo que este par sea particularmente importante en la datación radioquímica.

La datación de muestras provenientes de la corteza terrestre nos da una edad máxima aproximada de $3,5 \times 10^9$ años; sin embargo, creemos que la Tierra es aún más

vieja. Los meteoritos y rocas lunares analizados tienen $4,5 \times 10^9$ años. Si estos otros miembros del sistema solar se formaron -como todo parece indicar- al mismo tiempo que la Tierra, la edad de ésta debería ser de $4,5 \times 10^9$ años. La abundancia isotópica relativa del plomo en las muestras avala esta conclusión. De los cuatro isótopos naturales del plomo, sólo el Pb-204 no es producido por decaimiento radiactivo en las series del U-238, U-235, o Th-232. Comparando la composición isotópica del Pb terrestre con la de los meteoritos más viejos (libres de uranio y torio), nos encontramos con que se requieren aproximadamente 4,5 miles de millones de años de decaimiento del Th y del U para producir las abundancias isotópicas de Pb presentes en la Tierra.

Autor: Shakhashir (traducción Roberto Calvo).

Créditos:

✓ **Referencias bibliográficas e imágenes:**

- Shakhashir (2008, abril). URANIUM: A RADIOACTIVE CLOCK. Chemical of the week. Recuperado de: http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/PDF/Uranium_Clock.pdf

Fecha de publicación: 30 de julio 2008



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).