

## ***Decaimiento radioactivo***

**González Rueda Arantxa**

### **1. Introducción**

Recientemente, la aplicación de materiales radioactivos en química analítica se basa en capacidades únicas de la radioactividad: la facilidad para medir la radiación emitida y la posibilidad de usar isótopos radioactivos como marcadores para compuestos químicos u orgánicos. Los métodos radioquímicos en química analítica son utilizados para distintas determinaciones cualitativas y cuantitativas, además, también son empleados para asegurar calidad y desarrollo de procesos analíticos. En química analítica la búsqueda de aplicación de sustancias radioactivas depende de distintas propiedades del material, como lo son: tipos, energía, vida media. Para permitir un mejor entendimiento y aplicaciones de las sustancias radioactivas dentro de la química analítica se debe de tener conocimiento básico sobre la estructura y rearrreglo de átomos inestables y propiedades de la radiación (02).

Los átomos están hechos de protones (carga positiva), neutrones (neutros) y electrones (carga negativa). El número de partículas y el promedio de protones y neutrones son de significancia para la estabilidad de un núcleo atómico, en el caso de que el núcleo es demasiado grande o si hay muchos o pocos neutrones para un número de protones, el núcleo atómico será inestable. En búsqueda de una configuración estable, el átomo pasará por un proceso de rearrreglos sucederán, lo cual, se basa en una liberación de partículas u ondas electromagnéticas o ambas. A este rearrreglo se le denomina decaimiento radioactivo. Durante el decaimiento radioactivo la emisión de nucleones y electrones da un estado excitado como resultado de un nuevo núcleo; debido a la pérdida de electrones en la coraza-K, las características de los rayos X cambiarán ante la nueva especie atómica producida. Se sabe que el decaimiento radioactivo ocurrirá en algún momento, no se sabe con precisión cuando ocurrirá. Por esto, para obtener un número estadísticamente significativo, el rearrreglo ocurrirá en un rango definido y predecible; este decaimiento es característico del núcleo radioactivo en consideración (01).

Para describir el decaimiento radioactivo, se denomina a  $N$  como el número de átomos radioactivos inestables presentes en cualquier tiempo  $t$ . El cambio en el número de átomos inestables  $N$  por unidad de tiempo es proporcional al número de átomos presentes en ese momento, tal y como se presenta en la ecuación 1.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \quad (1)$$

donde es la constante de proporcionalidad denominada constante de decaimiento. La constante de decaimiento se puede entender como la fracción de átomos radioactivos decayendo por unidad de tiempo en cualquier momento:

$$\lambda = \frac{1}{N} \frac{dN}{dt} \quad (2)$$

La ec. 1 puede ser integrada para obtener

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Donde  $N_0$  es el número de átomos presentes en cualquier tiempo inicial ( $t=0$ ) y  $N$  es el número de átomos sin cambios que sobran después de cierto periodo de tiempo  $t$ . El promedio de decaimiento es denominado como radioactividad (**A**). De ec. 1 y ec. 2 se puede obtener:

$$A = \lambda N, A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Un modo útil de describir el decaimiento radioactivo en términos de vida media, que es la mitad de tiempo requerido para que la mitad de la cantidad inicial de un núcleo radioactivo sufran un rearrreglo.

Nuestro planeta se encuentra en un constante bombardeo por rayos cósmicos formados por una energía con gran poder de penetración; estos rayos generan la formación constante de carbono 14 ( $C^{14}$ ). Este isótopo es inestable y espontáneamente se transforma a nitrógeno ( $N^{14}$ ), lo cual, es la base de uno de los métodos más fiables para conocer la edad de muestras orgánicas. El  $C^{14}$  es usado para la datación por radiocarbono para determinar la edad de materiales que contienen carbonos. El  $C^{14}$  tiene una vida de media corta en comparación con otros isótopos. En arqueología esta es la técnica de datación absoluta.

El objetivo principal de este trabajo es describir el decaimiento radioactivo del isótopo x y evaluar su posible aplicación para datación radiométrica como alternativa al  $C^{14}$  (01).

## 2. Metodología

Para evaluar el decaimiento radioactivo del isótopo x, se hizo una simulación de su comportamiento usando Julia (03), el cual se presenta a continuación:

```
N = 10000
Pinit = 10000
dp = 1,0/800
x = zeros(N, Pinit)
x[1,:]. = 1
i = 1
while ((i < N) (sum(x[i-1, :]) > 0 ))
    y = rand(Pinit)
    idx = findall(y .< dp)
    x[i, :] = x[i-1, :]
    x[i, idx] . = 0
    i += 1
end
```

```

lifeTimes = sum(x, dims=1)
using Plots
plot = lifeTimes[1, :]/
    Using Statistics
    10 * mean(lifeTimes[1, :])

```

Esta simulación se repitió 3 veces, en las cuales, se obtuvieron 3 gráficas distintas donde se demuestra el comportamiento aleatorio del decaimiento radioactivo de este isótopos tales se muestran en la **Fig. 1**, **Fig. 2** y **Fig. 3**. Además, en cada simulación se obtuvo

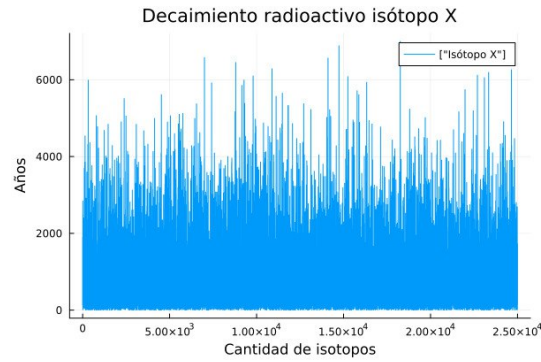


Figura 1: Resultados de la simulación 1 de decaimiento radioactivo del isótopo X.

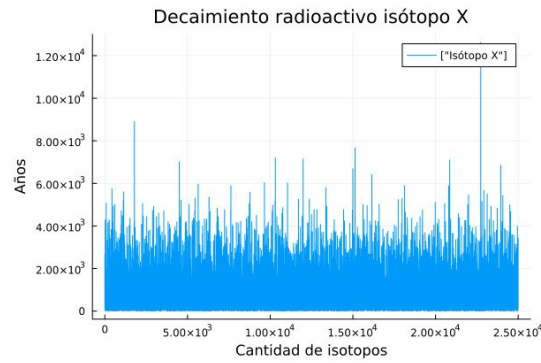


Figura 2: Resultados de la simulación 2 de decaimiento radioactivo del isótopo X

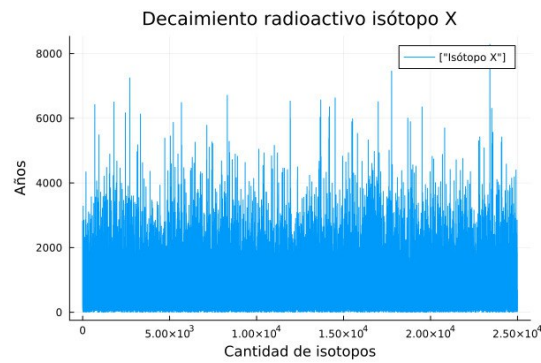


Figura 3: Resultados de la simulación 3 de decaimiento radioactivo del isótopo X

un promedio del tiempo de vida ( $\langle t \rangle$ ) de estos isótopos que será utilizado para calcular  $\lambda$ , estos se presentan en la **Cuadro 1**.

Simulación	$\langle t \rangle$
Simulación 1	7971.7524
Simulación 2	8050.9775
Simulación 3	8027.3896

Cuadro 1: Tiempos de vida media calculados para el isótopo X.

Para estos cálculos se realizó el siguiente procedimiento:

$$\lambda = \frac{1}{\langle t \rangle}$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

El tiempo será calculado para 3 valores de  $\frac{N(t)}{N_0}$  previamente descritos. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 2**.

$\frac{N(t)}{N_0}$	$\lambda$	t (años)
0.286 - 0.287	$1,25442933 \times 10^{-4}$	$1,57024881 \times 10^{-4} - 1,56587034 \times 10^{-4}$
0.081 - 0.082	$1,2420852 \times 10^{-4}$	$3,12174034 \times 10^{-4} - 3,10649984 \times 10^{-4}$
0.001 - 0.002	$1,24573498 \times 10^{-4}$	$8,60523238 \times 10^{-4} - 7,7417547 \times 10^{-4}$

Cuadro 2: Valores de t calculados a partir de  $\frac{N(t)}{N_0}$  previamente descritos.

### 3. Conclusiones

Según lo observado en los resultados se denota que el isótopo X sería un buen isótopo radioactivo para datación. Esto se puede concluir porque, en las simulaciones sobre su decaimiento radioactivo, el tiempo de vida media es amplio, esto quiere decir que se puede usar para datar muestras de considerable antigüedad. Además, con los resultados obtenidos se resalta que, a pesar de tener un tiempo de vida medio alto, la variación en el número de isótopos es sensible a periodos de tiempo cortos. Estas dos características harían del isótopo X un buen datador radioactivo para muestras orgánicas, debido a su especificidad respecto al paso del tiempo y su vida media.

### Referencias

- [1] Worsfold P, A Townshend, Poole CF, MiroM. Encyclopedia of analytical science. Amsterdam: Elsevier; 2019.
- [2] Chang R, Goldsby KA, Rodolfo Alvarez Manzo, Silvia Ponce Lopez, Sergio Sarmiento Ortega, Erika Jasso Hernan. Química. Mexico, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana; 2013.
- [3] Bezanson J. The Julia Language [Internet]. JuliaLang.org. 2019. Available from: <https://julia.org/>