

BIOLOGÍA MATEMÁTICA

DECAIMIENTO EXPONENCIAL

Karina Juárez Navarro

INTRODUCCIÓN

La datación radiométrica es un método utilizado para estimar la antigüedad de materiales orgánicos, minerales o rocas, entre otros. Esta técnica se basa en analizar la presencia de algún átomo con un núcleo inestable (isotopo radioactivo) en la muestra de interés. Es decir, el número de protones o neutrones del isotopo radioactivo cambiará ocasionalmente a través del tiempo, este cambio es conocido como decaimiento exponencial.

El decaimiento exponencial describe el proceso de disminución de una cantidad en una tasa porcentual constante durante un periodo de tiempo y está representado por la siguiente fórmula (Ec. 1).

Ec. 1
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Donde $N(t)$ y N_0 es el número de átomos radioactivos en un tiempo t y t_0 respectivamente, e corresponde a la constante de Euler y λ a la tasa de decaimiento.

Uno de los métodos comúnmente utilizados en la datación radiométrica es el de Radiocarbono; el carbono-14 (^{14}C) inestable se transforma en nitrógeno estable (^{14}N). El núcleo atómico que decae se llama isótopo padre. El producto de este decaimiento se llama isótopo hijo. Así ^{14}C es el padre y ^{14}N es el hijo. De esta forma, se miden las concentraciones de isotopo padre e hijo y son usadas para determinar la edad de la muestra.

Ya se ha determinado la tasa de decaimiento (λ) de muchos isotopos radioactivos, es decir, cada isotopo decae al mismo ritmo desde que se formó. El tiempo que tarda la mitad de los isótopos radioactivos en decaer a isótopos hijos se denomina vida media de un isótopo ($t_{\frac{1}{2}}$).

Cuando las concentraciones de los isótopos padre e hijo son iguales, ha transcurrido una

vida media. Así, al conocer la vida media de un isótopo y la cantidad de los isótopos padre e hijo, se puede calcular el tiempo transcurrido desde que se inició el "reloj radiométrico".

Dado el reciente descubrimiento del átomo radioactivo Linium (Lm), se desea estudiar su capacidad de datación. Este isótopo tiene un tiempo promedio de vida ($\langle t \rangle$) de 8044.47 años y al igual que el ^{14}C decae en ^{12}C . Se analizaron tres muestras biológicas y se determinó la edad de cada una usando la formula del decaimiento exponencial (Ec. 1).

METODOLOGIA Y RESULTADOS

Cálculo de la tasa de decaimiento exponencial (λ)

La tasa de decaimiento exponencial, definida como la probabilidad de que un átomo decaiga en el tiempo (dt), está dada por:

$$\text{Ec. 2} \quad \lambda = \frac{1}{\langle t \rangle}$$

Así, para calcular λ del átomo Lm se sustituye en la Ec. 2:

$$\lambda = \frac{1}{8,044.47 \text{ años}} = 1.2430 \times 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

Cálculo de la vida media ($t_{\frac{1}{2}}$) de Linium (Lm)

Para calcular la vida media de Lm se tiene la siguiente formula:

$$\text{Ec. 3} \quad t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

Sustituyendo:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.6931}{1.2430 \times 10^{-4} \text{ años}^{-1}} = 5,576.4 \text{ años}$$

Cálculo de las edades de las muestras biológicas (t)

Los intervalos de confianza para $\text{Lm}/^{12}\text{C} \left(\frac{N(t)}{N_0} \right)$ que se obtuvieron de las diferentes muestras están dadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Fracción $\text{Lm}/^{12}\text{C}$ de tres muestras biológicas.

$\frac{N(t)}{N_0}$
0.286 – 0.287
0.081 – 0.082
0.001 – 0.002

Para estimar la edad de estas muestras se utiliza la *Ec. 1*. Así, despejando t , se tiene:

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

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

Ec. 4

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

De esta forma, al sustituir los diferentes valores de $\frac{N(t)}{N_0}$ y λ se determinaron las edades (t) de las muestras y se calculó la diferencia de los años obtenidos (Tabla 2).

Tabla 2. Edad en años de las muestras biológicas estudiadas.

$\frac{N(t)}{N_0}$	t (años)	Diferencia (años)
0.286 – 0.287	10,070.5 – 10,042.4	28
0.081 – 0.082	20,219.6 – 20,120.9	99
0.001 – 0.002	55,573.2 – 49,996.8	5,577

CONCLUSIÓN

La vida media del Lm es de 5,576.4 años, muy parecida a la del ^{14}C (5,730 años), uno de los átomos mayormente usados para datar muestras orgánicas. Se estimó la edad de tres muestras con diferentes fracciones de $\text{Lm}/^{12}\text{C}$ (0.286-0.287, 0.081-0.082 y 0.001 y 0.002) y

se analizó la variabilidad de los resultados obtenidos (diferencia en años) (Tabla 2). Para las proporciones de 28% y 8% la diferencia de la edad estimada fue de 28 y 99 años, mientras que para la menor proporción 1-2% fue de alrededor de 5,000 años.

Este isótopo radioactivo puede ser usado para datar muestras biológicas. Pero al igual que el carbono, solo podrá ser usado para datar muestras de menos de 50,000 años ya que el tiempo estimado para una fracción de $Lm/^{12}C < 0.002$ tiene una mayor incertidumbre. Es necesario analizar la capacidad de datación de este átomo en otro tipo de muestras, como inorgánicas.

BIBLIOGRAFIA

Hajdas, I., Ascough, P., Garnett, M.H. *et al.* Radiocarbon dating. *Nat Rev Methods Primers* 1, 62 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43586-021-00058-7>

Tintner, J. (2021), Recent developments in using the molecular decay dating method: a review. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1493: 29-40. <https://doi.org/10.1111/nyas.14560>