



“Viabilidad de Datación Radiométrica con un Nuevo Radio-isótopo ”

V. Irigoyen

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

Biología Matemática

Dr. Moisés Santillán Zerón

05 de Octubre de 2022

Resumen

El isótopo $^{16}\alpha$ es un nuevo isótopo radiactivo con posibles aplicaciones de datación radiométrica, el cual se caracterizó y se usó para fechar 3 muestras biológicas las cuales se compararon con las dataciones de ^{14}C . Los resultados muestran una vida media de 5579 años y rangos de muerte para las muestras de entre 10047 y 10075 años, 20130 y 20229 años así como 50020 y 55600 años para cada muestra respectivamente, obteniendo valores muy cercanos a los del radiocarbono. Esto nos revela que el $^{16}\alpha$ tiene un decaimiento muy similar al del ^{14}C e incluso hacia periodos un poco más largos tiende a tener un rango un poco más acotado, así mismo parece una opción viable de datación.

Introducción

Es naturaleza humana querer saber, conocer y comprender nuestra historia, tanto individual, como social y sobre todo como especie, pero no sólo a nosotros mismos sino también el entorno que nos rodea y el planeta en el cual vivimos. Los científicos han dedicado cientos de años en comprender esta historia y recrear las épocas anteriores a la humanidad, desde saber que especies coincidieron por épocas hasta ver como se desarrollaba el entorno en esos momentos. Debido a ello la datación ha sido una herramienta esencial a lo largo del tiempo, pues permite poner fechas de existencia a los restos, herramientas u objetos encontrados con el fin de recrear dicha historia y dar solución a

problemas paleontológicos y arqueológicos.

Existen varios métodos de datación que pueden clasificarse según el tipo de resultado como métodos de datación relativa o absoluta y de acuerdo al tipo de método en siderales, isotópicos, radiogénicos, químicos y biológicos, geomorfológicos o de correlación.[1][2] La datación relativa de manera general se apoyan de la observación y da una aproximación a la fecha basados en principios estratigráficos (observación de las capas de las rocas). La datación absoluta por otro lado, comprende métodos que proporcionan una datación fiable con edad numérica. Para la clasificación por metodología dentro de los métodos siderales se encuentra la dendrocronología (análisis de anillos de árboles) y cronología de varves(estudio de estratos en glaciares), para métodos radiogénicos pistas o huellas de fusión y luminiscencia. Otros ejemplos generales de datación incluyen la resonancia de espín electrónico, liquenometría, meteorización y paleomagnetismo.[3]

En el caso de los métodos isotópicos (también conocidos como datación radiométrica) su proceso se basa en la medición de los cambios en la concentración de isótopos como radiocarbono o series de Uranio. Es decir, se fundamenta en el decaimiento radiactivo de los elementos que es un proceso estocástico y con una función exponencial; dónde un núcleo inestable busca la estabilidad por lo cual decae mediante desintegración de núcleos y se transforma en otro elemento o isótopo emitiendo algún tipo de partícula especial o radiación electromagnética.

Retrocediendo un poco, la datación ra-

diométrica es posible gracias a los avances que se hicieron en el área y trabajos de grandes científicos como Becquerel quien en 1896 descubre que hay compuestos que tienen Uranio y emiten rayos similares a los rayos X. Los esposos Curie que demuestran que la radiactividad es una característica de los átomos y acuñan dicho término en 1898, además de sus tantos trabajos en el tema y Ernest Rutherford con Federico Soddy quienes demostraron que la descomposición radiactiva es de naturaleza exponencial en 1902. Ya en 1905 Rutherford sugirió que el uranio-helio o proporciones de uranio-plomo podrían usarse para determinar la edad en rocas. Por mencionar algunos.[4]

Dentro de la datación radiométrica se utilizan distintos isótopos dependiendo de la muestra, donde además los isótopos comprenden diferentes rangos para datación (en el apéndice A se muestran algunos ejemplos). De las técnicas más utilizadas y empleadas para muestras orgánicas es la datación por radiocarbono (^{14}C), la cual fue propuesta en 1946 por Willard Libby quien ganó el Nobel de Química de 1960 por dicho trabajo[8]. Su técnica se basa en las concentraciones de ^{14}C (isótopo descubierto en 1940 por Martin Kamen) respecto a ^{12}C . La producción del ^{14}C se da cuando la radiación cósmica incide en la atmósfera, donde el resultado de las colisiones es la producción de neutrones térmicos los cuales chocan con átomos de ^{14}N el cual es muy abundante en la atmósfera y se produce el ^{14}C , este radio-isótopo entra a la biosfera y forma parte del ciclo del carbono, por ejemplo lo toman las plantas en forma de CO_2 para la fotosíntesis y se mantiene presente, de tal manera que hay un intercambio y procesos de desintegración y renovación que mantienen constante las proporciones de ^{14}C y ^{12}C en los organismos vivos. Cuando el organismo muere ya no se regenera el ^{14}C y empieza a decaer, lo que hace posible saber cuánto tiempo ha pasado desde que el organismo murió.[5][6]

Como se mencionó anteriormente, la de-

integración de éstos elementos radiactivos sigue una función de decaimiento exponencial, la cual viene dada por la ecuación:

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

Donde λ es la probabilidad de decaimiento expresada como el inverso de la vida promedio (T) del isótopo(2).

$$\lambda = \frac{1}{T} \quad (2)$$

A su vez, es posible calcular la vida media como:

$$t_{1/2} = \ln(2)T \quad (3)$$

Dichas ecuaciones son esenciales para llevar a cabo la determinación en la edad o tiempo de muerte de distintas muestras[7].

Actualmente se ha encontrado un nuevo elemento radiactivo con posibles aplicaciones para datación, este elemento llamado $^{16}\alpha$ se ha estado estudiando por un largo periodo de tiempo, tratando de caracterizarlo para saber su utilidad en datación radiométrica. En base a este nuevo elemento se pretende hacer pruebas de datación y comparación con técnicas conocidas como ^{14}C y determinar su utilidad.

Metodología

Para la determinación de la vida media y probabilidad de decaimiento del radio isótopo $^{16}\alpha$ se partió de una cantidad inicial de partículas radiactivas del orden 10^4 , donde se monitoreó mediante métodos de física estadística y técnicas de microscopía atómica avanzada tanto el tiempo de vida individual como la cantidad de partículas vivas en cada observación durante determinado periodo de tiempo. Dichos datos fueron guardados en un programa y compilador DATA-5000 para obtenerla gráfica de vida de las partículas, la gráfica de decaimiento y el valor de la vida promedio (T) del radioisótopo. Dentro del mismo programa se calcularon la probabilidad de decaimiento y la

vida media mediante la implementación de las ecuaciones (2) y (3) de las funciones de decaimiento exponencial generales.

Con los elementos ya generados se procedió con la datación de 3 muestras biológicas, de las cuales era conocido su rango de concentración de isótopos de $^{16}\alpha$ y $^{14}\alpha$, en este caso las concentraciones encontradas por espectroscopía de masas con acelerador (AMS) fueron equivalentes a las de ^{14}C . Dentro del programa DATA-5000 se determinó con el modelado particular de decaimiento del isótopo y funciones que emplean la ecuación (1) el tiempo de cada muestra. Dichos valores se compararon con los generados automáticos para datación de las mismas muestras con ^{14}C .

Resultados y Discusiones

Después de hacer las observaciones correspondientes de las partículas radiactivas y mediante el DATA-5000 se obtuvo la gráfica de tiempo de vida individual que se muestra en la figura 1.

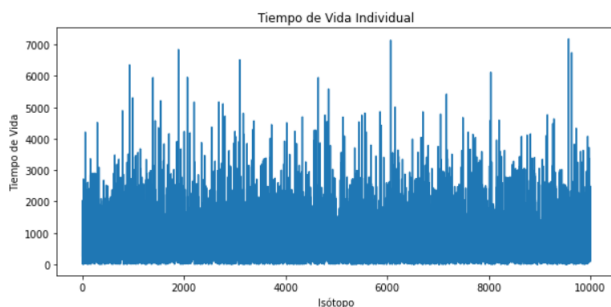


Figura 1: Tiempo de vida por partícula medida.

El mismo programa arrojó la gráfica de la desintegración del isótopo $^{16}\alpha$, donde se observa que es un decaimiento exponencial (figura 2).

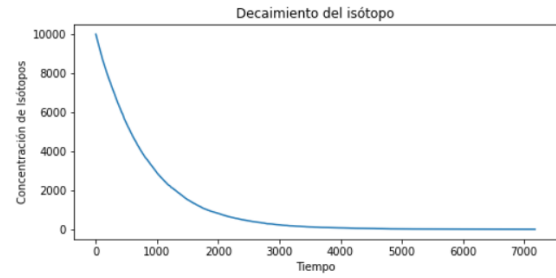


Figura 2: Decaimiento radiactivo de $^{16}\alpha$.

Así mismo los valores de tiempos relevantes que las mediciones y la experimentación indican se muestran a continuación:

Promedio de Vida (T)	8048 años
Probabilidad de decaimiento (λ)	$0.000124 \text{ años}^{-1}$
Vida media ($t_{1/2}$)	5579 años

Tabla 1: Valores característicos del isótopo $^{16}\alpha$

Con los datos obtenidos se pudieron calcular los rangos de tiempo desde el deceso de 3 muestras orgánicas encontradas. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.

No de muestra	Concentración (N/N_0)	Rango de edad (años)
1	0.286 - 0.287	10047 - 10075
2	0.081 - 0.082	20130 - 20229
3	0.001-0.002	50020 - 55600

Tabla 2: Rango de edad de muestras

En comparación con la datación por Carbono 14 que tiene una vida media de 5730

No de muestra	Concentración (N/N_0)	Rango de edad (años)
1	0.286 - 0.287	10319 - 10347
2	0.081 - 0.082	20675 - 20776
3	0.001-0.002	51373 - 57103

Tabla 3: Rango de edad de muestras con ^{14}C

Con estos datos se pueden ver los intervalos para cada caso y por muestra.

No de muestra	Intervalo ^{14}C (años)	Intervalo $^{16}\alpha$ (años)
1	28.85	28.09
2	101.43	98.76
3	5730	5579

Tabla 4: Intervalos de edades

Con todos estos resultados vemos que el comportamiento de este nuevo isótopo es muy similar al del ^{14}C , para muestras orgánicas puede ser útil pues incluso los intervalos son sumamente parecidos. El rango de mayor precisión fue el de concentraciones de aproximadamente el 28 % pues la diferencia de años es solo de 28, rondando las épocas de muerte entre los 10000 años, sin embargo varía por casi 300 años comparado con el carbono 14. Otro detalle a destacar es el hecho de que en todos los casos los rangos de concentraciones difieren por.001 sin embargo mientras menor es el porcentaje de concentración mayor es el aumento en el intervalo de edades, siendo para edades de alrededor de 50000 años donde más difiere. En este caso específico, para la 3era muestra el valor mayor del rango es el doble del menor, lo que indicaría que el tiempo de edad que difiere debería de ser una vida media, en efecto se cumple tanto para el nuevo isótopo como para el Carbono-14, concordando con la teoría. Esto afianza el método de observación y análisis de las partículas radiactivas de $^{16}\alpha$.

Conclusiones

El nuevo radioisótopo $^{16}\alpha$ parece ser un buen elemento para realizar datación radiométrica sobre todo para tiempos de hasta 20000 años con relación de concentraciones de isótopos de hasta 8 % aproximadamente, sin embargo, al ser tan similar al ^{14}C se pueden explorar más rangos y sacar un mayor provecho, por otro lado este nuevo isótopo sólo ha sido implementado en muestras orgánicas, aún se puede trabajar con otro tipo de muestras y

evaluar su utilidad en estos y otros ámbitos de datación.

Referencias

- [1] Ambers, J. (2005). ARCHAEOMETRY AND ANTIQUE ANALYSIS — Dating of Artifacts. Encyclopedia of Analytical Science, 109–117. doi:10.1016/b0-12-369397-7/00019-4
- [2] Shackley, S. (2001). Chronology, Stratigraphy, and Dating Methods in Archaeology. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 1789–1796. doi:10.1016/b0-08-043076-7/02039-8
- [3] Mari, F. (2017). Capítulo IV: Métodos de datación. Cuaternario y geomorfología de Argentina: Distribución y características de los principales depósitos y rasgos geomorfológicos. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://bit.ly/3fA83UD>
- [4] Cánovas, F. Física Nuclear y Partículas (2006-2007): Datación Radiactiva. 2007. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://bit.ly/3fHY8wq>
- [5] Georaman, A. (2021, 17 junio). Método de datación por radiocarbono (o Carbono-14). Geología desde Ávila. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://geolodiaavila.com/2019/04/03/+metodo-de-datacion-por-radiocarbono-o-carbono-14/>
- [6] Raymond, C. (2020, 1 enero). Química. McGraw-Hill.
- [7] Nelson, S. A. (2012, abril). Radiometric Dating. Tulane University. Recuperado 5 de octubre de 2022, de https://www2.tulane.edu/%7Esanelson/eens212/radiometric_dating.htm
- [8] Universidad de Chicago. (2016, octubre). Willard Libby and Radiocarbon Dating.



REFERENCIAS

- ACS Chemistry for life. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://bit.ly/3V536U2>.
- [9] Dataciones absolutas. Paleociencia. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <http://paleociencia.weebly.com/dataciones-absolutas.html>
- [10] Bowman, S. (1990). Radiocarbon Dating. Berkeley and Los Angeles: University of California Press. <http://www.radiocarbon dating.com/>
- [11] CH103 – CHAPTER 3: Radioactivity and Nuclear Chemistry – Chemistry. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://bit.ly/3SBZjfo>



Apéndice A

Isótopos más comunes en Datación Radiométrica

isotopos		periodo de semidesintegración	rango de edades	materiales datables
padre	hija			
Uranio 238	Plomo 206	4500 m.a.	10 a 4600 m.a.	Zircon, carbonato de calcio
Potasio 40	Argón 40	1300 m.a.	10000 años a 4600 m.a.	Moscovita, biotita, micas hornblenda, rocas volcánicas
Rubidio 87	Estroncio 87	47000 m.a.	De 10 a 4600 m.a.	Moscovita, biotita, feldespatos rocas igneas y metamórficas
Carbono 14	Nitrógeno 14	5730 años	De 100 a 50000 años	materia orgánica, carbonato de calcio (por ejemplo conchas), agua y hielo con CO2 disuelto/atrapado

m.a.=millones de años

Figura 3: Isótopos para datación radiométrica y sus rangos de utilidad [9]

Apéndice B

Programa de decaimiento

<https://github.com/VanessaIri/Proye2/blob/main/Proyecto2BM.ipynb>