

Una mirada a la espectrometría de masas con un acelerador: cómo encontrar un radionucleido en un pajar

Los radionucleidos en nuestro mundo

“Solo existen los átomos y el vacío, todo lo demás es opinión” dijo -o dicen que dijo- el filósofo griego Demócrito hace unos 2400 años. Átomo significa “sin partes”, o sea: indivisible. Hasta hoy se han encontrado tan solo 118 tipos distintos de esos átomos que conforman la “tabla periódica de elementos” y cuyas combinaciones forman todas las sustancias de nuestro mundo.

Pero los átomos sí tienen partes: un

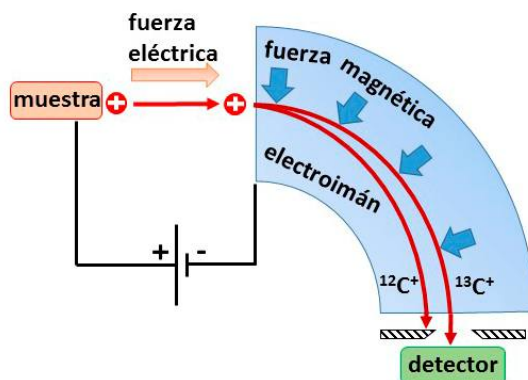
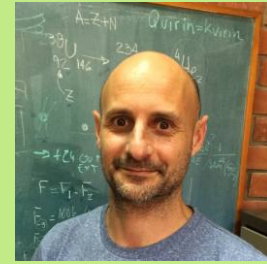


Fig. 1: Espectrometría de masas

núcleo compuesto por protones y neutrones, además de electrones (de mucha menor masa) girando a su alrededor. Químicamente, un átomo es de carbono si tiene seis protones y seis electrones, sin importar demasiado cuántos neutrones tenga su núcleo. La mayoría de los átomos de carbono tiene seis neutrones y lo llamamos ^{12}C (carbono-12) porque la suma de sus protones y neutrones es doce. Sin embargo, el 1% del carbono de nuestro mundo tiene un neutrón extra en su núcleo, o sea, es ^{13}C . Si bien los ^{13}C son químicamente iguales a los ^{12}C , sus núcleos tienen más masa y reaccionarán de manera diferente al chocar con otros núcleos. Los átomos que solamente difieren en el número de neutrones se conocen como isótopos, que significa que ocupan el “mismo lugar” en la tabla periódica.

Contando a los isótopos por separado, hay más de 300 tipos de núcleos (nucleidos) que son estables y hay 3000 que son radioactivos, o sea: radionucleidos¹. Que un



Autor:

Andrés Arazi

Doctor en Física de la
Universidad de Buenos Aires

Investigador en el Laboratorio
TANDAR de la CNEA

Investigador independiente
del CONICET

núcleo sea estable significa que sus protones y neutrones no se desagruparán nunca. A menos que otro núcleo lo impacte con mucha energía y haga que los protones y neutrones se reagrupen formando otros núcleos. Esto ocurre todo el tiempo en la naturaleza: en el interior de las estrellas o en nuestra atmósfera, por el impacto de los rayos cósmicos (protones que las estrellas expulsan con altísima energía²). Así, cuando se crean radionucleidos, como por ejemplo ^{14}C en el nitrógeno de la atmósfera, se inicia un proceso que funciona como un reloj: cada vez que pasan 5730 años, la mitad de los ^{14}C volverán a convertirse en nitrógeno, en un proceso conocido como decaimiento radioactivo. Así, los restos del primer faraón egipcio Menes que murió hace 5166 años, tendrán apenas más de la mitad del ^{14}C que nuestro cuerpo, que aún respira y come³.

Otro radionucleido llamado ^{10}Be (berilio-10) también se produce en la atmósfera por los rayos cósmicos. Pero para que la mitad de los ^{10}Be decaigan deberán pasar 1,4 millones de años. Así, midiendo la concentración de ^{10}Be se puede calcular hace cuántos millones de años una capa geológica estuvo en la superficie de nuestro planeta.

Encontrando un radionucleido en un pajar

Si un radionucleido decae rápidamente, se puede detectar la radiación que emite al decaer. Pero si un radionucleido tarda miles o millones de años en decaer, no podremos simplemente “sentarnos a esperar” que alguno decaiga. Necesitamos una manera más rápida de contarlos.

Una idea es separarlos según su masa. Para esto se les quita o agrega un electrón

para que los átomos tengan carga eléctrica neta. Luego se los acelera con un potencial eléctrico y se los somete al campo magnético de un electroimán (ver Fig. 1). Este campo ejerce una fuerza perpendicular a la velocidad de los átomos, haciéndolos girar con un radio que depende de su masa. Con esta técnica, conocida como espectrometría de

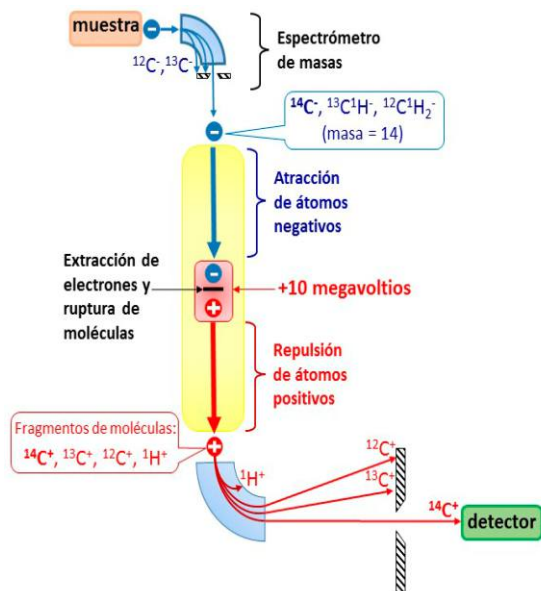


Fig. 2: Espectrometría de masas con un acelerador

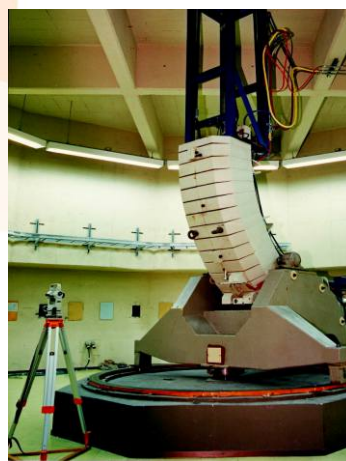
masas, podremos separar, por ejemplo, a los átomos de ^{13}C (1%) de los de su isótopo ^{12}C (99%). Pero el radioisótopo ^{14}C es muchísimo menos abundante. Aún en las plantas vivas o en cualquier animal que se alimente de estas, habrá un solo átomo de ^{14}C por cada 1.000.000.000.000 de átomos de ^{12}C . Por lo tanto, cualquier molécula con masa igual a 14 (por ej.: $^{13}\text{C}^1\text{H}$ o $^{12}\text{C}^1\text{H}_2$) también girará en el imán y será mucho más frecuente que un ^{14}C . Entonces, será necesario destruir estas moléculas para poder detectar un átomo de ^{14}C .

Acá es dónde se utiliza la espectrometría de masas con un acelerador (AMS). En un acelerador como el TANDAR⁴, una alta tensión positiva atrae a los átomos con un electrón extra (ver Fig. 2). Al llegar a la zona con alta tensión, estos átomos atraviesan una delgada lámina que les arranca el electrón extra y varios de los electrones propios. Así se destruyen las moléculas, pues estas necesitan de los electrones para mantenerse unidas. Los átomos, ahora con carga neta positiva, son repelidos por la alta tensión, acelerándose más aún. Un segundo elec-

troimán hace girar 90° solo al radionucleido de interés (^{14}C en nuestro ejemplo), eliminando al resto de los átomos. Finalmente, un detector cuenta de a uno estos radionucleidos. Así puede encontrarse un átomo del radionucleido (^{14}C) entre 1.000.000.000.000.000 (en notación científica: 10^{15}) átomos del isótopo estable (^{12}C).

Contándole los átomos a la naturaleza

Con la técnica AMS, además de hacerse dataciones arqueológicas, se pueden realizar estudios geológicos. Por ejemplo, encontrar ^{10}Be en lava volcánica que emerge de las profundidades durante una erupción, demostrando así que hace pocos millones de años ese material estaba en la superficie y que el movimiento de una placa tectónica lo arrastró debajo del volcán. O encontrar en una roca radionucleidos que solo se forman cuando los rayos cósmicos la impactan sin haberse frenado en la atmósfera terrestre. Demostramos así que esta roca fue un meteorito que viajó por el espacio y podemos calcular hace cuánto que cayó en la Tierra. Una aplicación impresionante fue el hallazgo de hierro-60 (^{60}Fe) en el lecho del océano Pacífico, el cual aumenta de espesor tan solo 2 mm cada millón de años. A los 6 mm de profundidad (hace tres millo-



nes de años) se encontró más ^{60}Fe que en cualquier otra capa. Y como lo único que es capaz de crear ^{60}Fe es la explosión de una estrella muy masiva (supernova), se cree que esta fue la explosión que pudo haber disparado los grandes cambios climáticos de la Tierra, justo en la época en la que el hombre evolucionó como especie.

REFERENCIAS

1. Hojita "Una mirada a los radioisótopos" (Pág. 27/28).
2. Hojita "Una mirada al Proyecto Pierre Auger: núcleos del espacio" (Pág. 37/38).
3. Hojita "Una mirada al Carbono 14" (Pág. 17/18).
4. Hojita "Una mirada al acelerador TANDAR" (Pág. 151/152).



Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable

Comisión Nacional de Energía Atómica

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/ieds

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2017 ISBN: 978-987-1323-12-8